

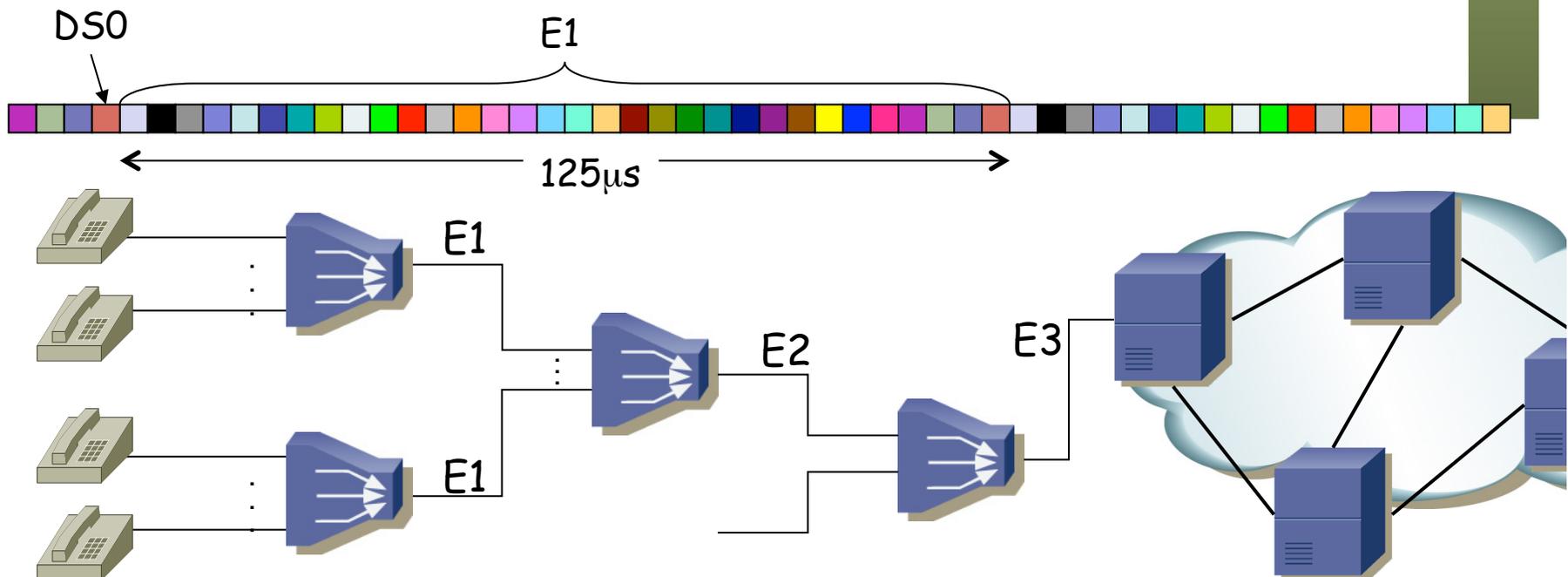
Tecnologías MAN, WAN y redes de acceso

Area de Ingeniería Telemática
<http://www.tlm.unavarra.es>

PDH

PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

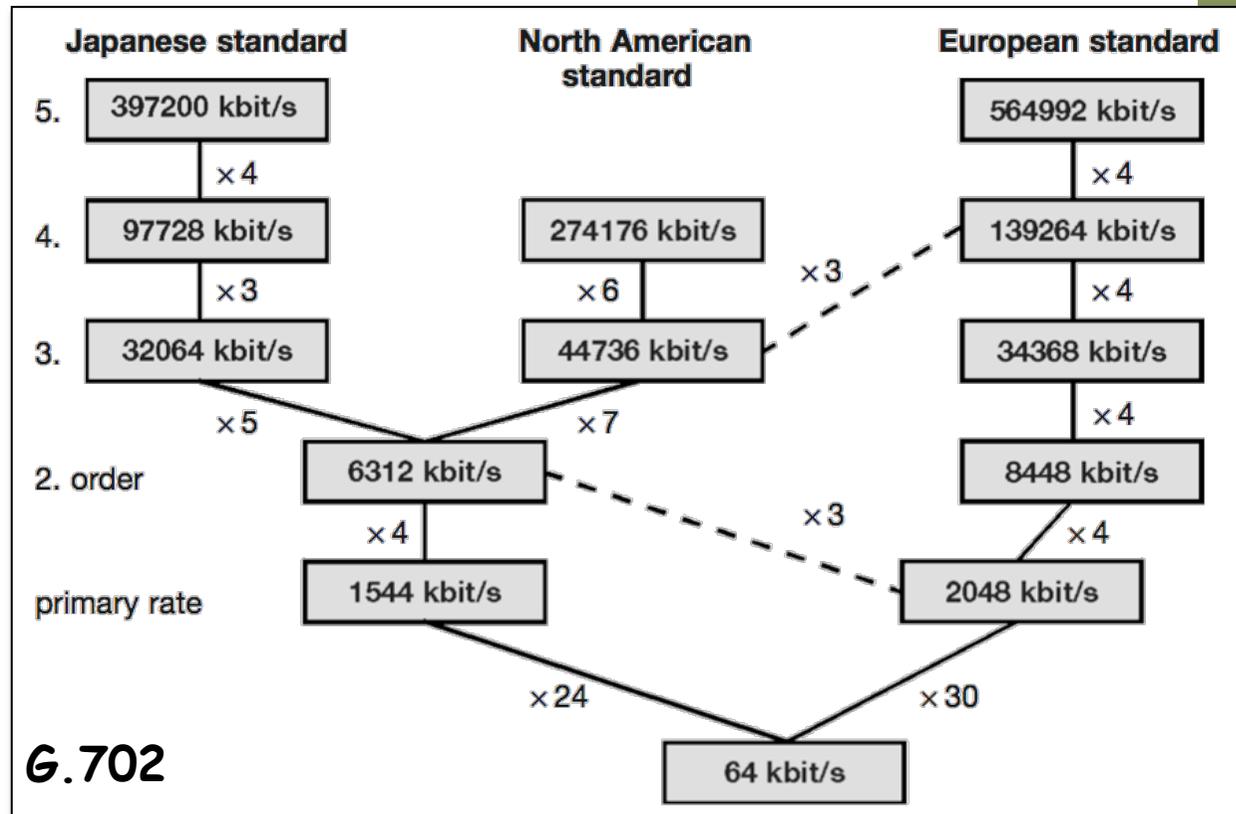
- Señales plesiócronicas:
 - Las velocidades pueden sufrir desplazamientos de fase, *jitter* y *wander* pero con unos límites
 - Cada uno su propio reloj
 - Esto limita las velocidades
- E1 (2048Kbps) = 32xE0
- En trama superior a E1 no se puede identificar un E0 concreto
- Demultiplexar para extraer canales menores en la jerarquía



PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

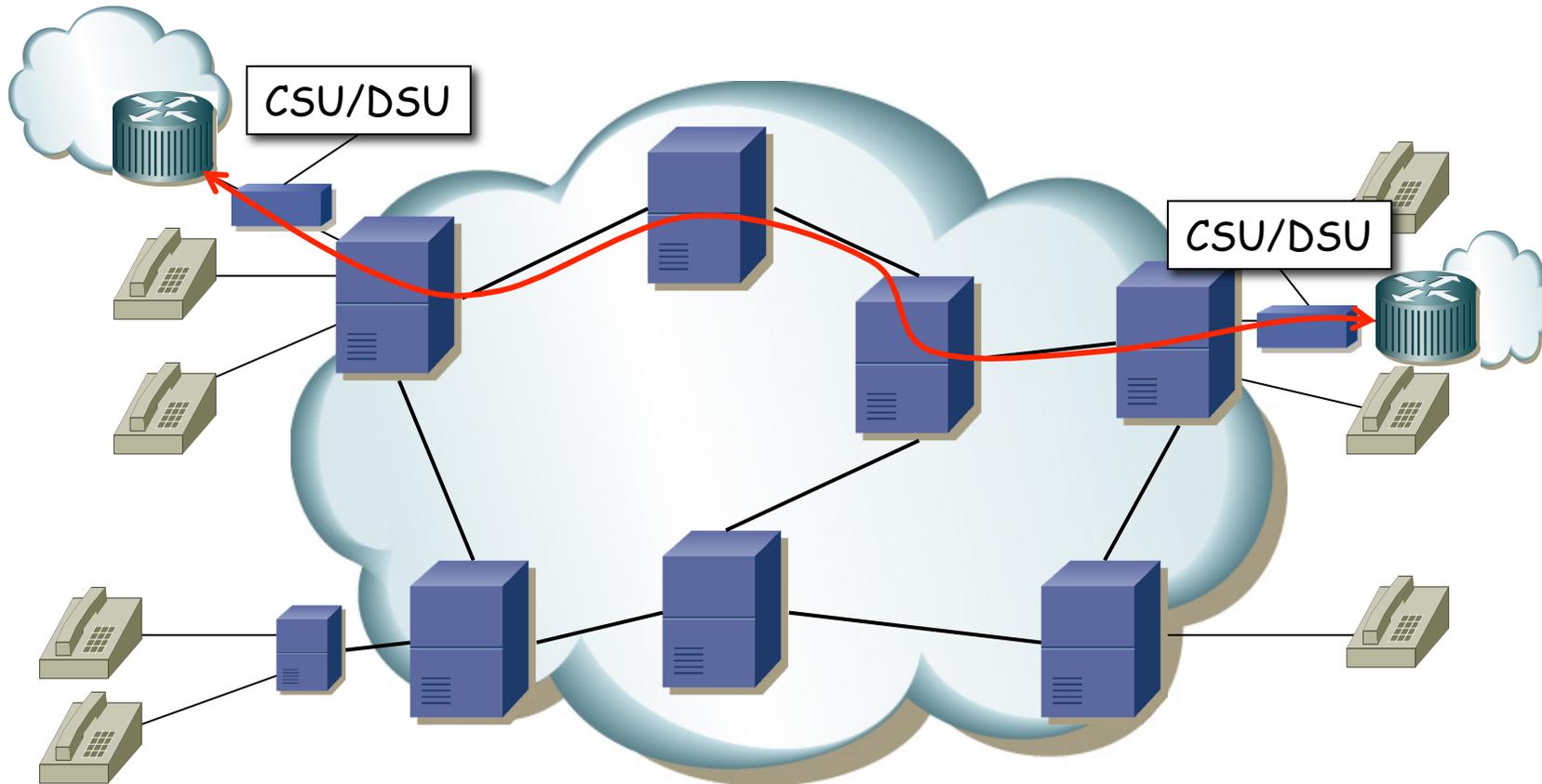
Multiplexación TDM

- E1 (2048Kbps) = 32xE0 E2 = 4xE1, E3 = 4xE2, E4 = 4xE3
- T1 (DS1, 1.54Mbps) = 24xDS0 T2 = 4xT1, T3 = 7xT2
- ITU-T G.701-703
- Multiplexación bit a bit
- Acomodar variaciones en frecuencia insertando bits (“justificación”)



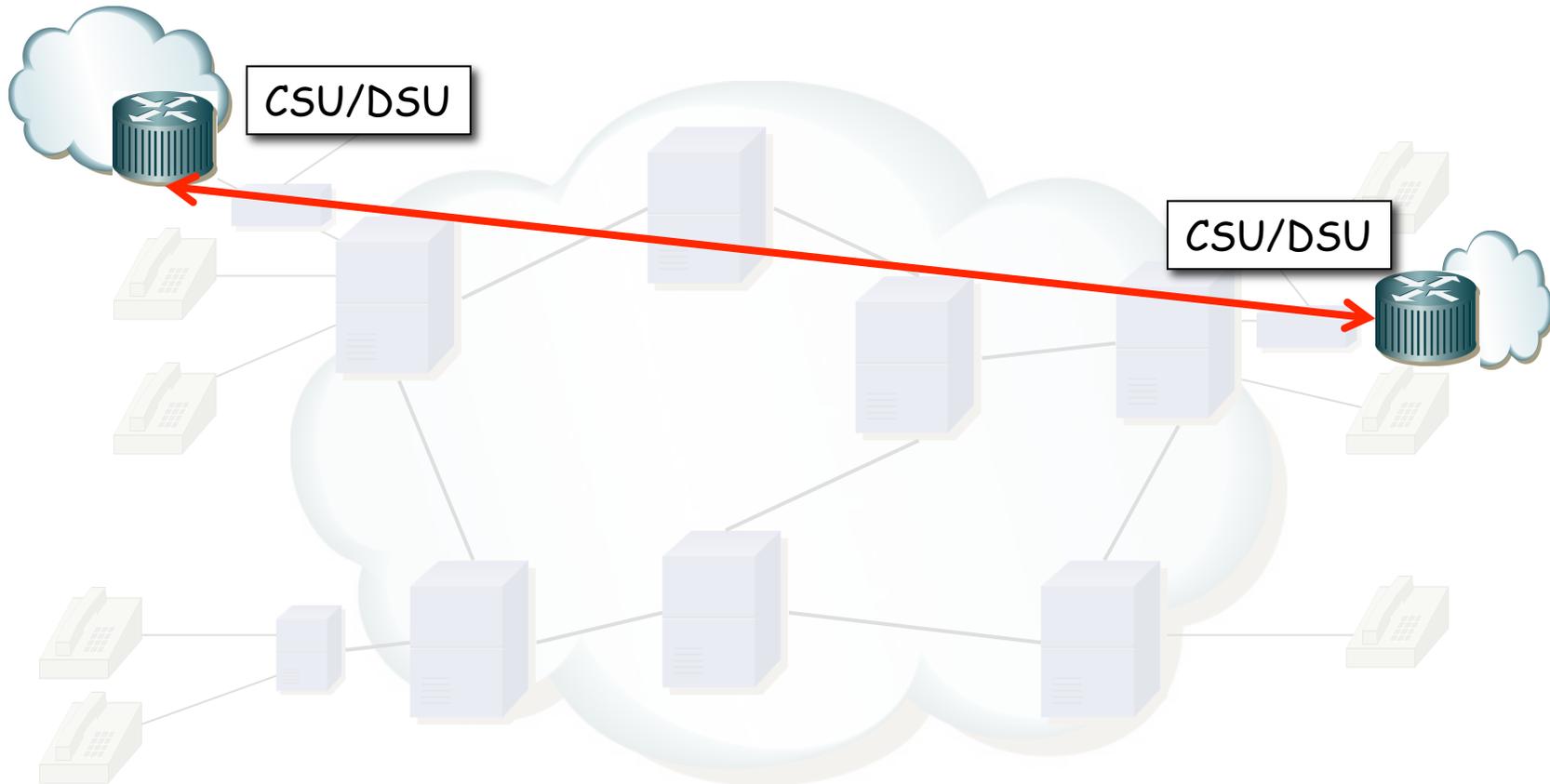
Datos

- CSU/DSU = *Channel Service Unit / Digital Service Unit*
- Asignan los datos a un canal PDH
- Los extremos lo que ven es un “circuito”, con una tasa síncrona (64Kbps, 128Kbps, etc) (...)



Datos

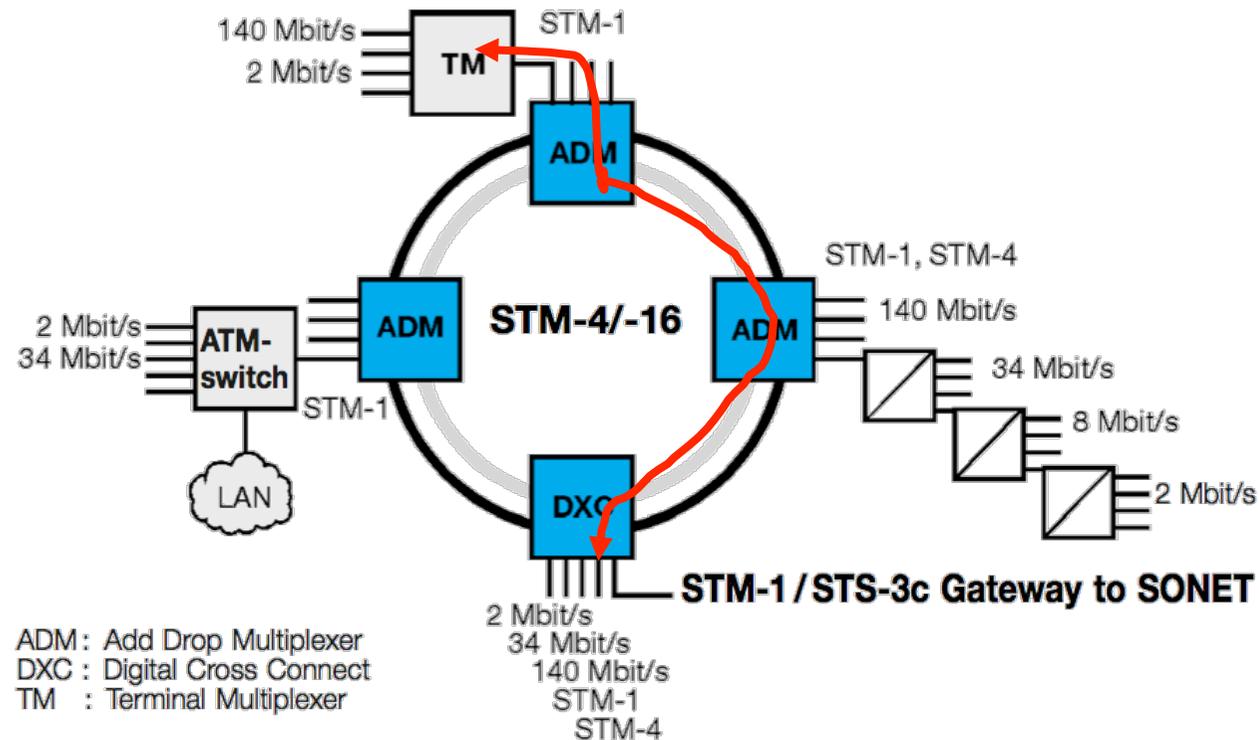
- La red de transporte es completamente transparente
- Es como tener un cable de uno a otro
- Necesitamos alguna forma de marcar en ese flujo binario el comienzo y final de los paquetes (*frame delineation*)
- Múltiples alternativas, típicamente HDLC



SONET/SDH: Introducción

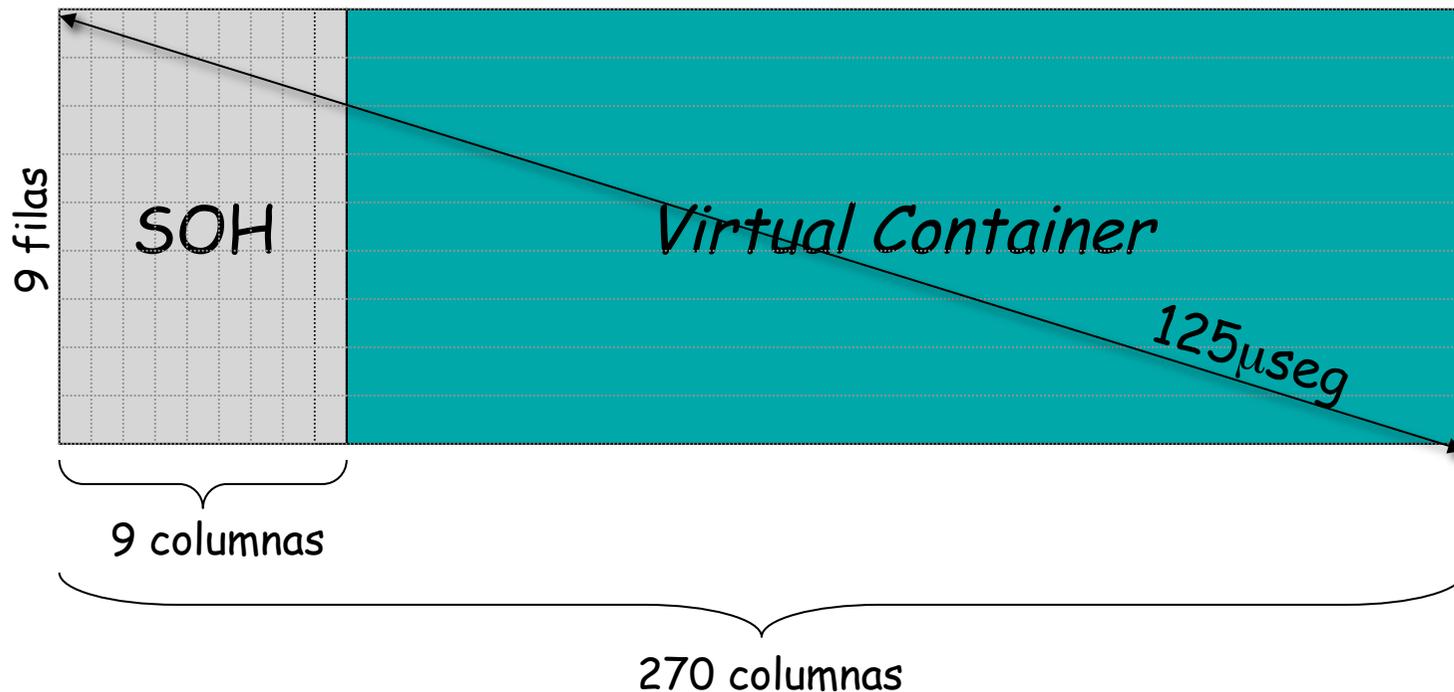
SONET/SDH

- Tecnología de transporte. Originalmente para transportar señales PDH
- Hay tres redes: Transmisión, Sincronización y Gestión
- La sincronización reduce la necesidad de buffering
- Simplifica la inserción y extracción de señales de más baja velocidad sin demultiplexar
- Funcionalidades de recuperación ante fallos en los enlaces/nodos



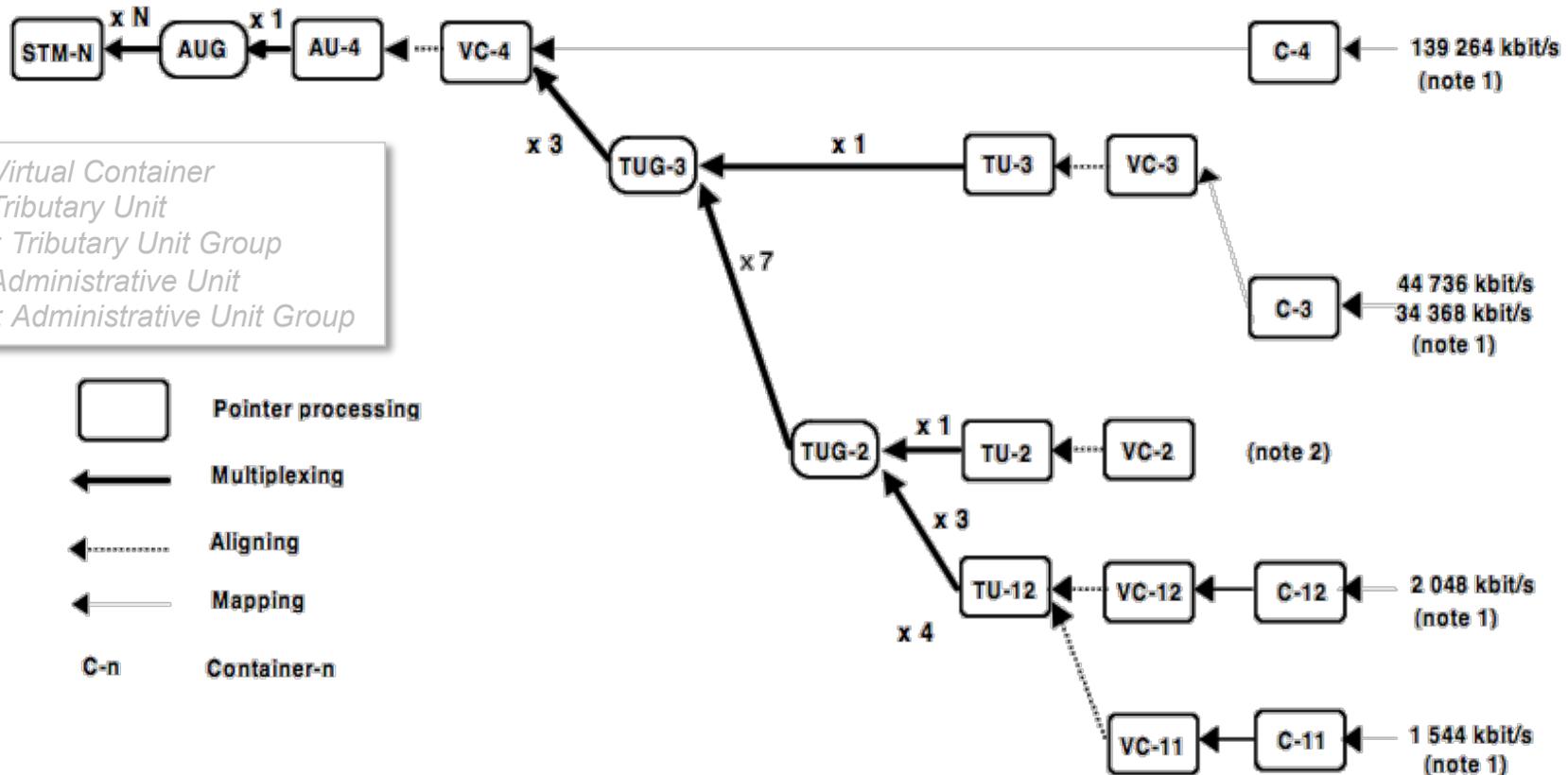
Estructura de la trama STM-1

- 1 byte \Rightarrow 64Kbps
- 64Kbps x 9 filas x 270 columnas = 155.52Mbps
- SOH = *Section OverHead* (9 columnas)
- STM-N: duración de 125 μ seg, 9 filas, Nx270 columnas

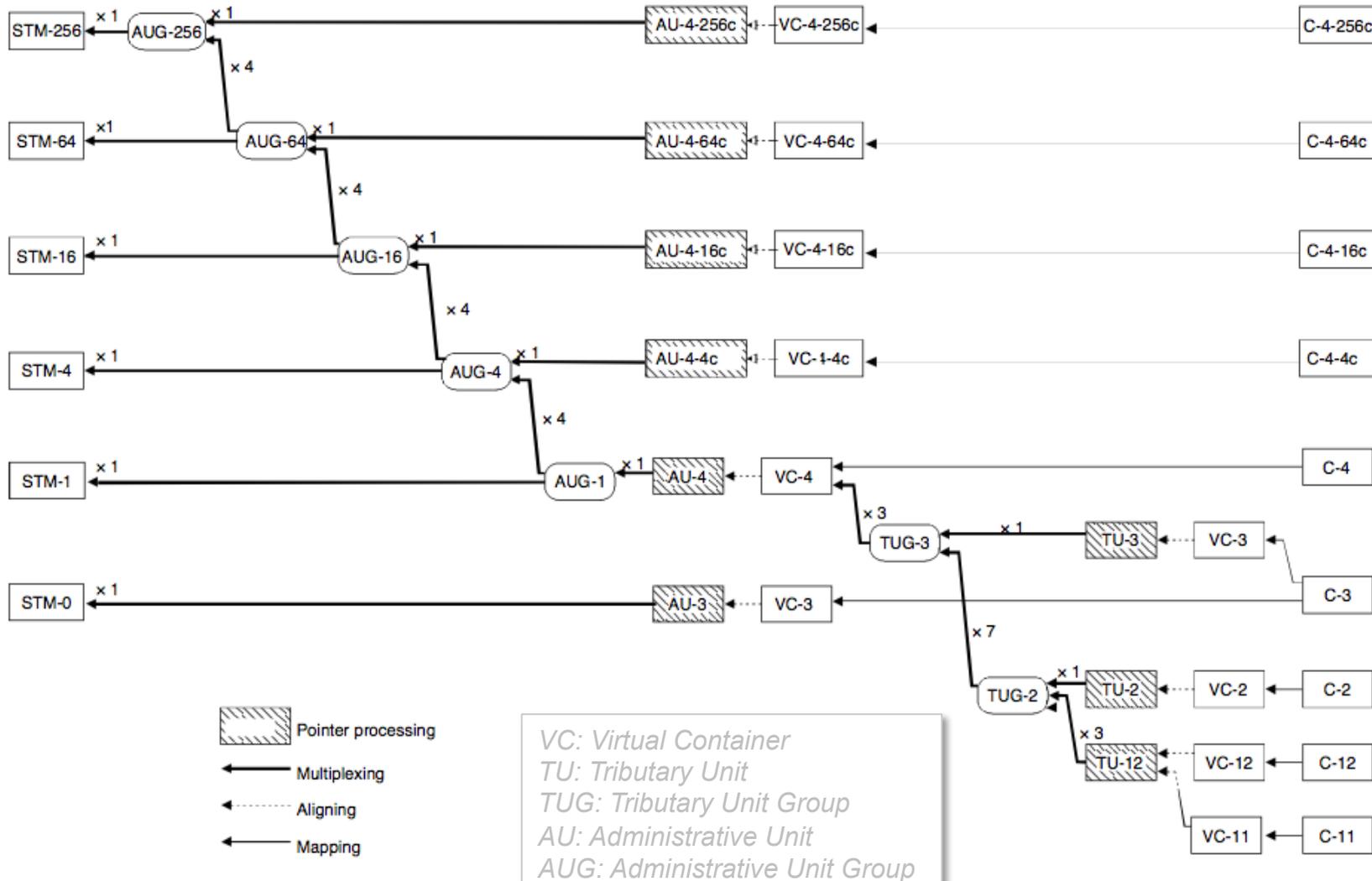


Estructura de la trama STM-1

- En 1 STM-1:
 - 1 señal de 140Mbps (E4) ó
 - 3 señales de 34/45 Mbps (E3/T3)
- Cada VC-3 puede sustituirse por 21 señales de 2Mbps (E1)

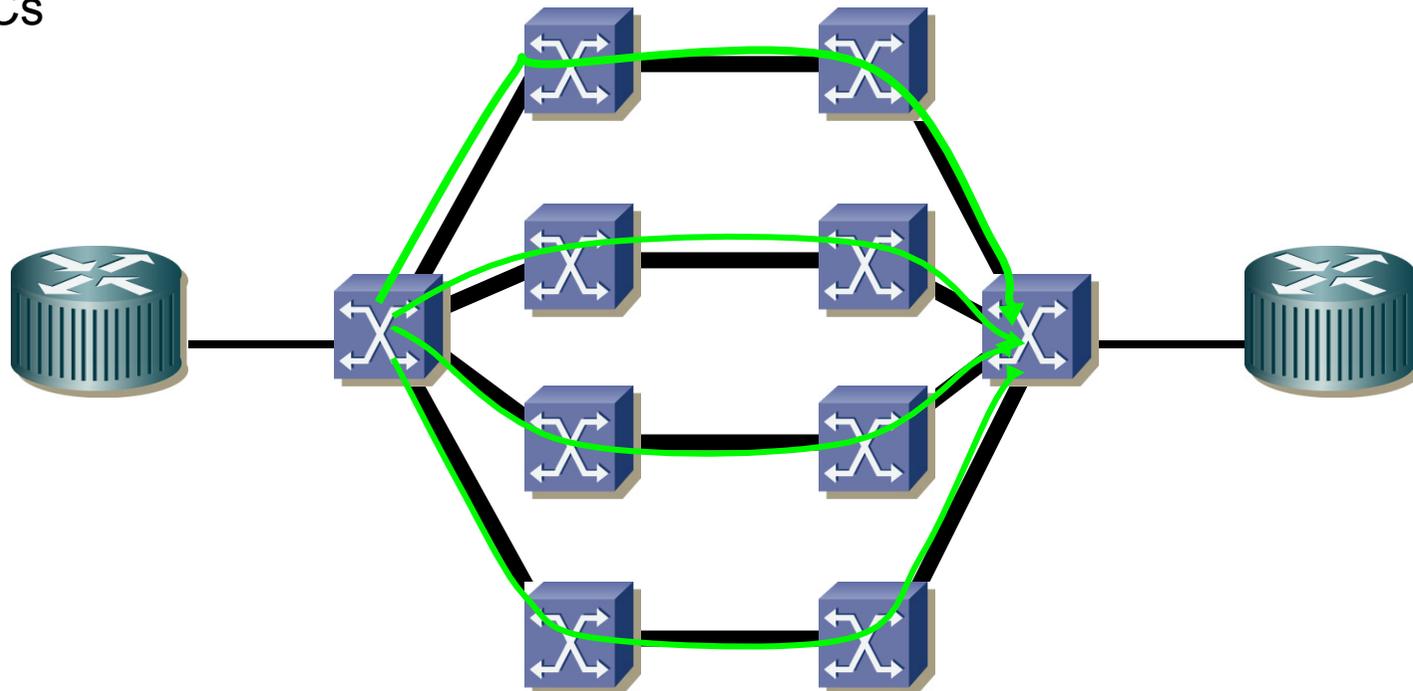


Estructura de multiplexación STM-N



Concatenación virtual

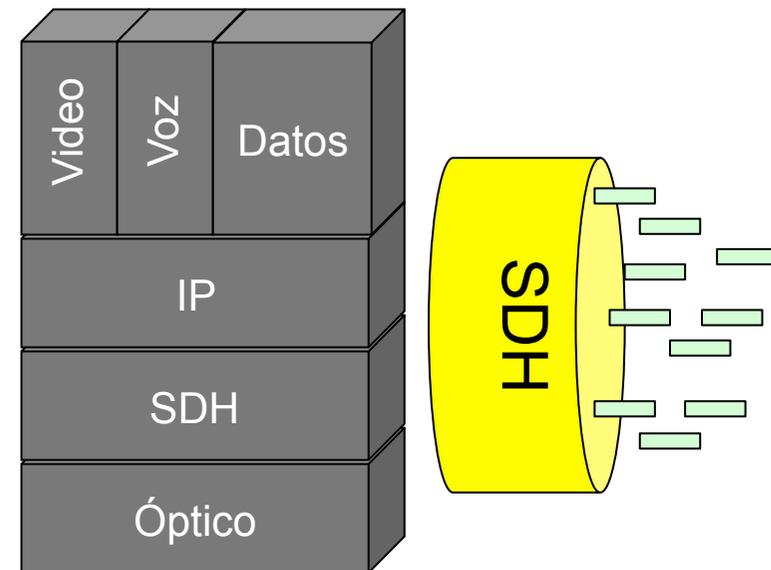
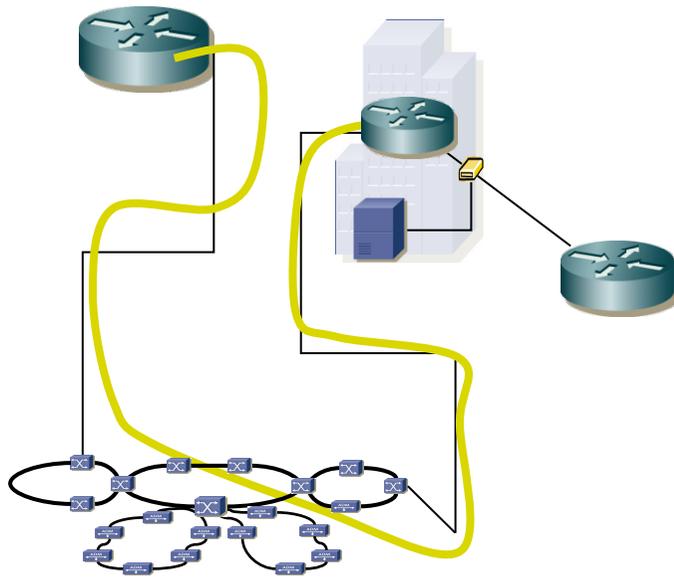
- Se pueden concatenar X tributarios (TUs) para formar un VC-X-v
- El resultado es un *Virtual Concatenation Group* (VCG), típicamente un VC-12-Xv ($X=1\dots 64$) aunque podría ser un VC-4-Xv o VC-3-Xv
- Debe soportar al menos diferencias de delay de $125\mu\text{s}$ (hasta 256ms)
- La inteligencia de la concatenación está en los extremos
- Cada VC puede encaminarse independientemente
- Soporta incremento y reducción de la capacidad añadiendo o retirando VCs



Transporte sobre SDH

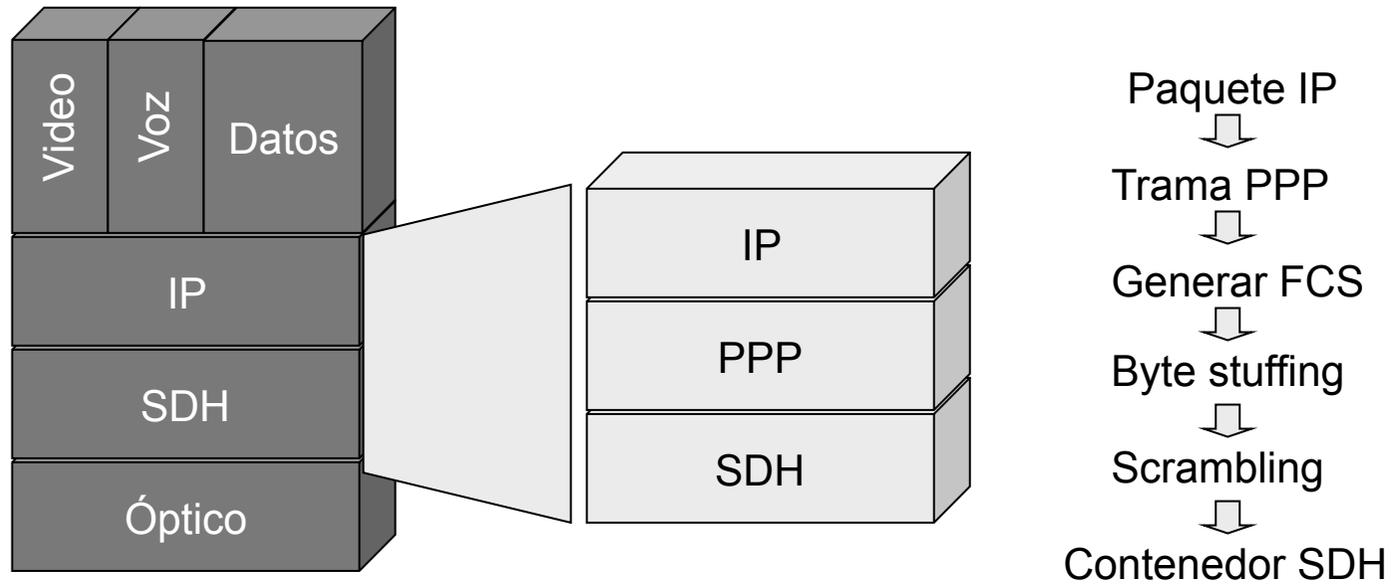
IP over SDH

- Ya se puede ofrecer QoS con IP
- Mayor eficiencia al evitar cabeceras de celdas ATM, encapsulación y segmentación
- Suele emplear PPP (POS)
- Más simple

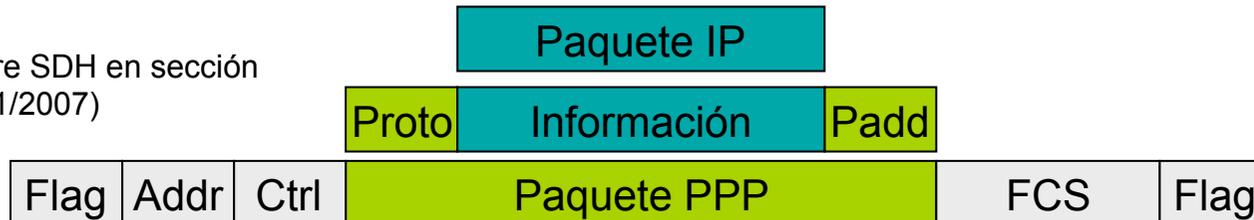


POS

- *Packet Over SONET/SDH* (RFC 2615)
- Para tener entramado (*framing*): PPP (RFC 1661)
- PPP diseñado para líneas punto-a-punto... como los circuitos SDH
- Las encapsulaciones soportadas son VC-4, VC-4-4c, VC-4-16c y VC-4-64c



(HDLC/PPP sobre SDH en sección 10.3 de G.707 01/2007)



GFP

- Asumiendo utilización 100% en la Ethernet...
- Las velocidades de Ethernet no se ajustan a las de SDH
 - 10 Mbps sobre VC-3 : 20%
 - 100 Mbps sobre VC-4 : 64%
 - 1Gbps sobre VC-4-16c : 42%
- ATM ofrece mejor ajuste de velocidades
- O mediante Concatenación Virtual:
 - 10Mbps en VC-12-5v : 92%
 - 100Mbps en VC-3-2v : 97%
 - 1Gbps en VC-4-7v : 92%
- Pero POS solo para ciertos contenedores
- Encapsulación G.7041:
 - Generic Framing Procedure (GFP, ITU T01b, ANSI T1X1.5)
 - Puede transportar: Ethernet, PPP, FiberChannel, Gigabit Ethernet, etc.
 - Se puede emplear con VCAT (Concatenación Virtual) y LCAS

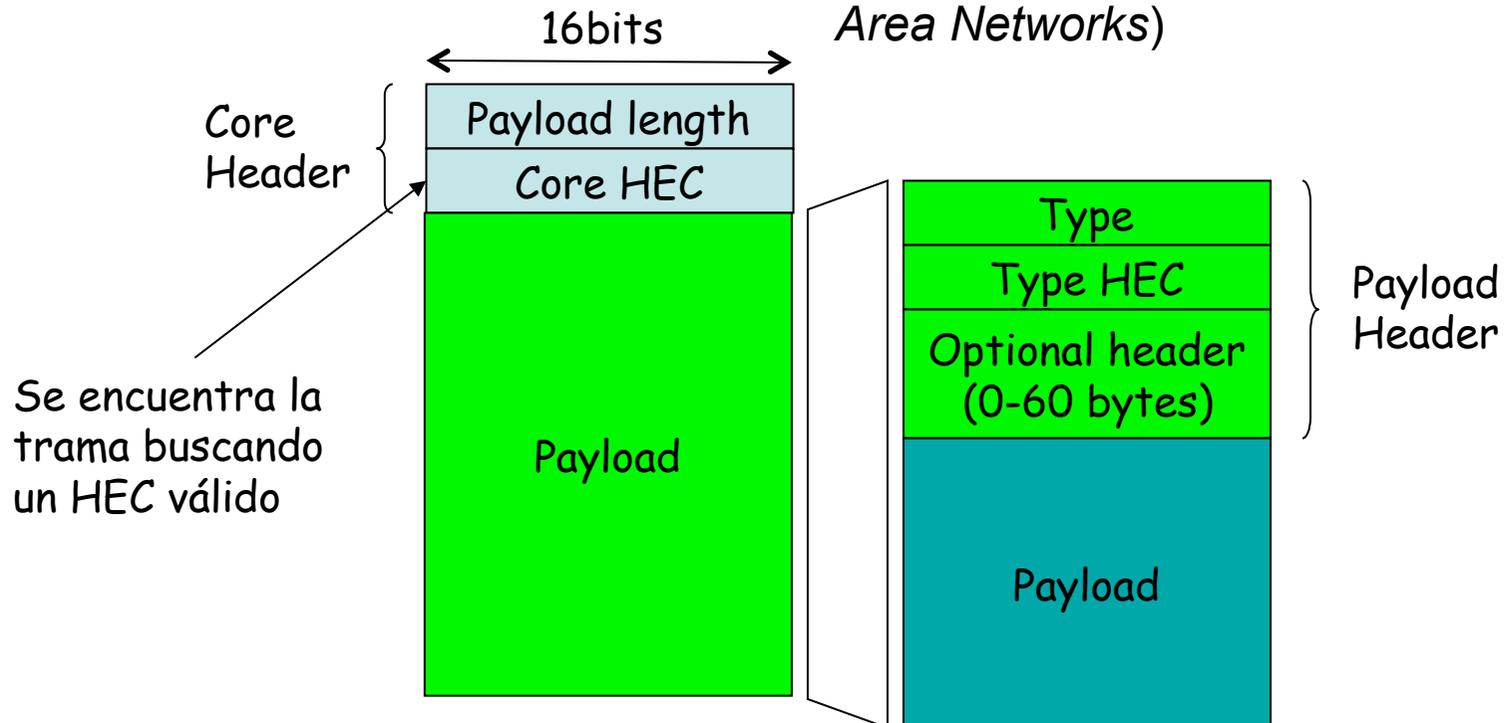
GFP

GFP basado en tramas (frame based)

- Para conexiones que requieran eficiencia y flexibilidad
- Requiere store-and-forward
- Esto añade latencia

GFP transparente

- Para servicios sensibles a la latencia
- El contenido del nivel físico a transmitir se introduce en tramas de longitud constante
- Orientado a SANs (*Storage Area Networks*)



Protección en SDH

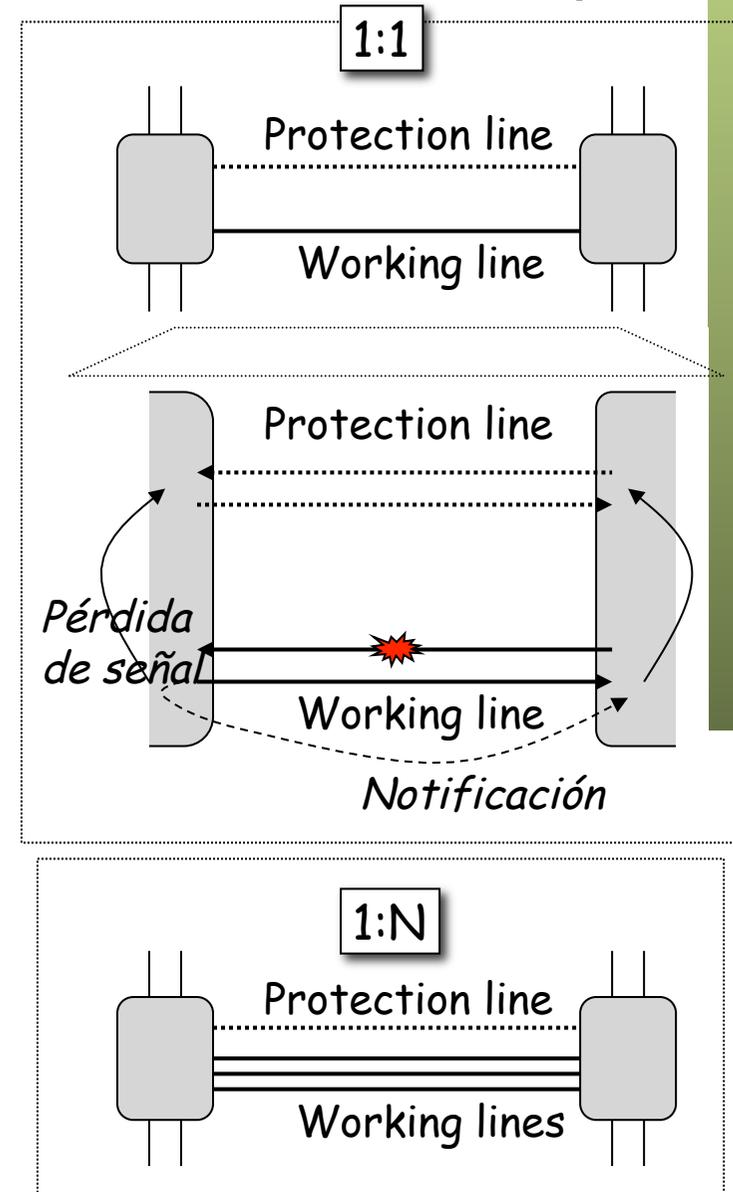
Protection vs Restoration

- *Protection* implica soluciones de backup precalculadas y preconfiguradas
- El tiempo de recuperación es muy corto (SDH < 50-60ms)
- Requiere reservar considerables recursos para la protección
- *Restoration* implica calcular la solución (camino alternativo) cuando se produce el fallo
- El fallo se comunica al NMS (*Network Management System*)
- El NMS calcula un camino alternativo y lo configura
- Mayores tiempo de recuperación
- Operadores buscan fiabilidad de “5 nueves”, es decir, un tiempo de funcionamiento del 99.999% (fallo menos de 5min al año)



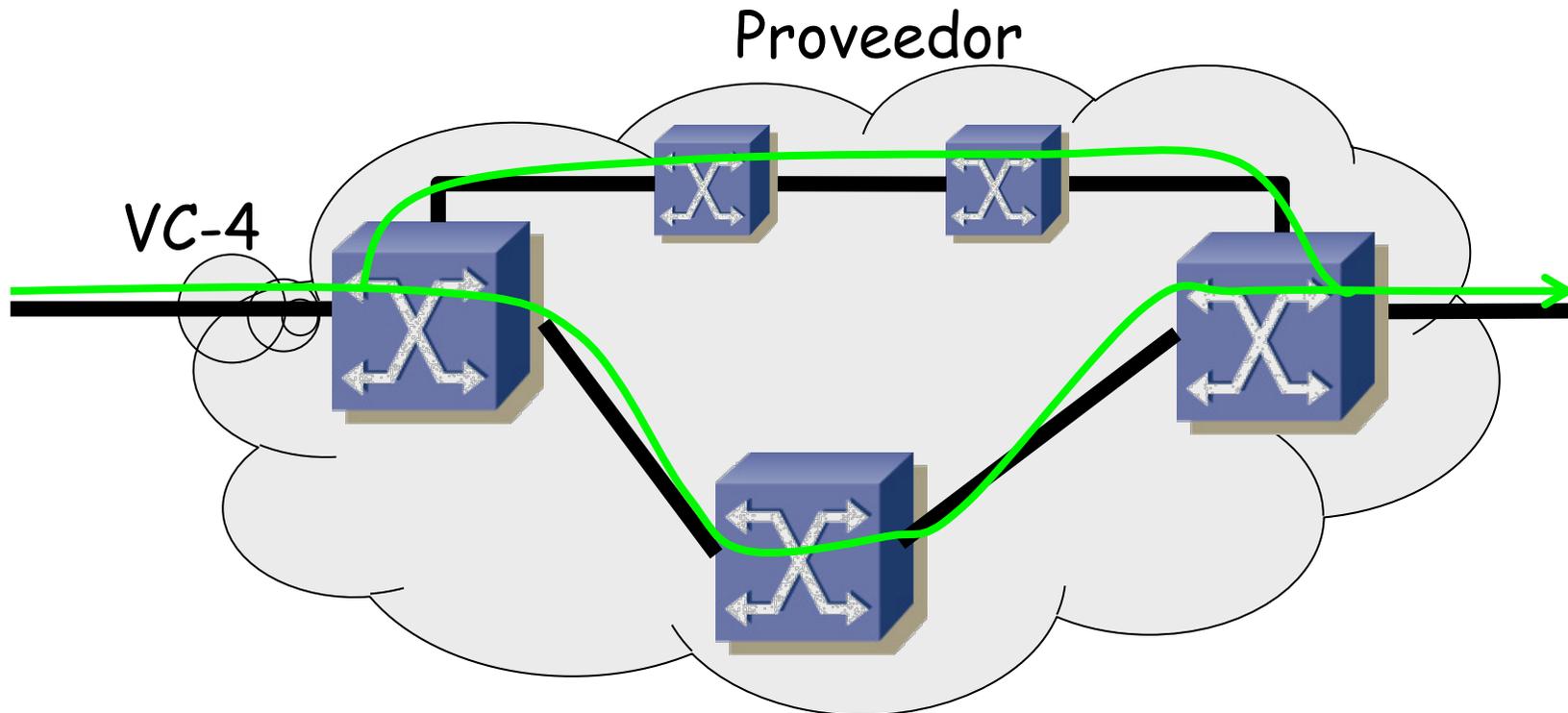
MSP (*Multiplex Section Protection*)

- Entre dos nodos
- Protección 1:1
 - Cada línea es protegida por otra
 - Si algo falla se pasa a usar el camino de protección
 - Cuando no se necesita la de protección se puede usar para tráfico extra
 - Tras recuperar el camino principal se puede volver a él (*revertive mode*)
- Normalmente se usan simultáneamente y se escoge la de mayor calidad (1+1)
- Protección 1:N
 - Varias líneas son protegidas por la misma
- También protección M:N
- Recuperación en 3-4 one-way delays + tiempo de procesamiento



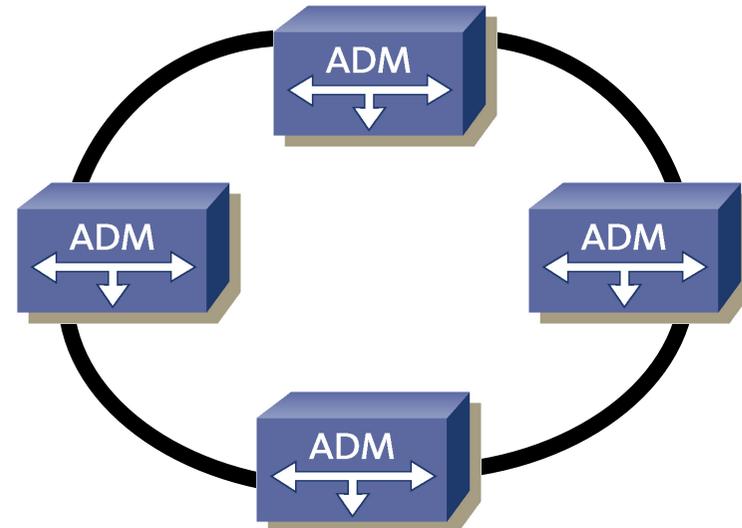
SNCP (Sub-Network Connection Protection)

- El objetivo es proteger **parte** del camino de una conexión
- Por ejemplo esa sección pasa por un proveedor que quiere protegerla
- Normalmente se soporta solo protección 1+1 unidireccional
- Es decir, la señal va por dos caminos diferentes y se selecciona la mejor
- Soportaría el fallo de un nodo si no está en ambos caminos



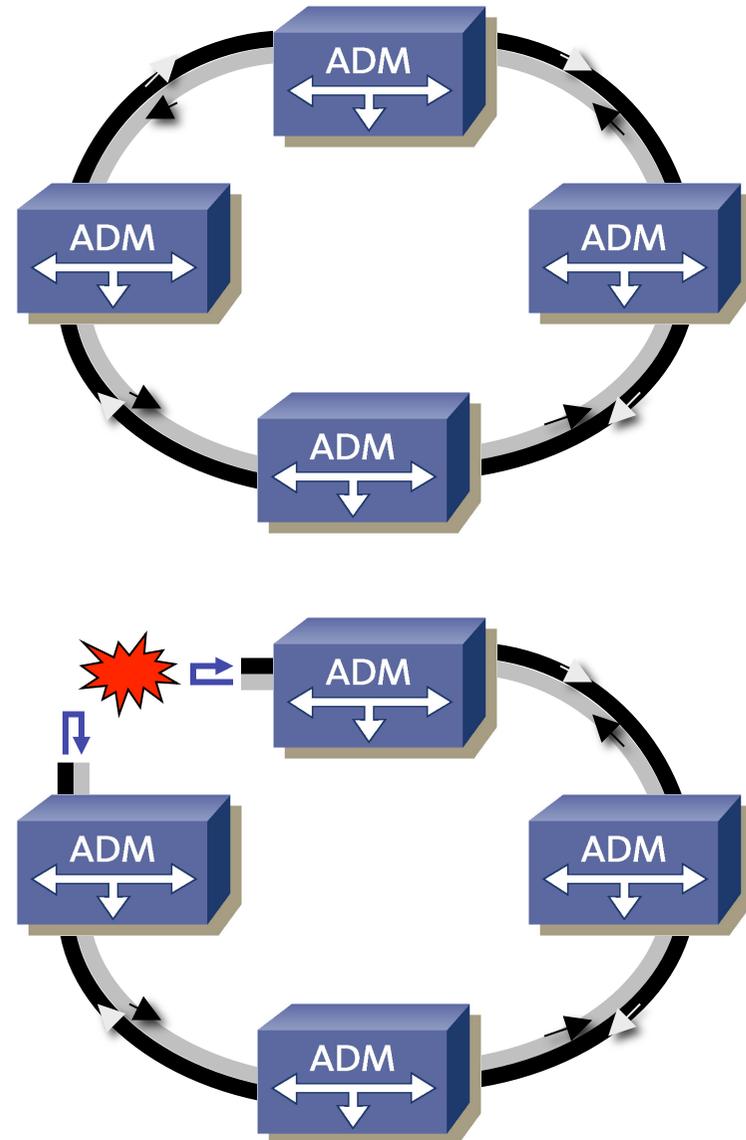
Anillos

- Perfectos para ADMs con solo 2 puertos de agregados
 - Más simples que DXCs
 - Más baratos que DXCs
 - Disponibles antes que DXCs
- ¡ Sencillas decisiones de encaminamiento !
- Existe un camino alternativo para protección
- Técnicas de protección:
 - MS-SP Ring
 - MS-DP Ring
 - SNCP Ring
 - etc.

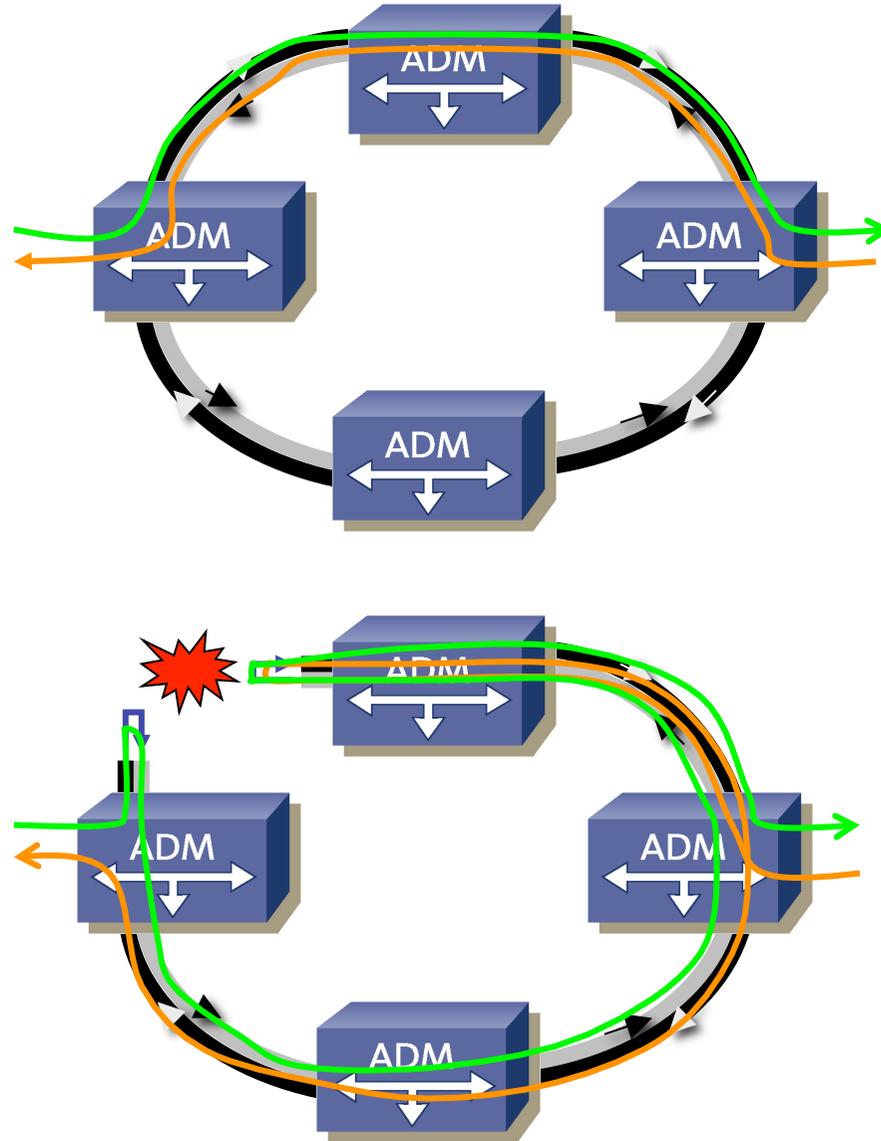


Ejemplo: MS-SP Ring

- *Multiplex Section - Shared Protection Ring*
- Se emplea solo **la mitad** de la capacidad en cada sentido (*clockwise* y *counterclockwise*)
- Máximo 16 nodos
- Ante un fallo:
 - Nodos adyacentes lo detectan
 - Devuelven el tráfico por el otro sentido
- Ejemplo con 2 fibras (...)

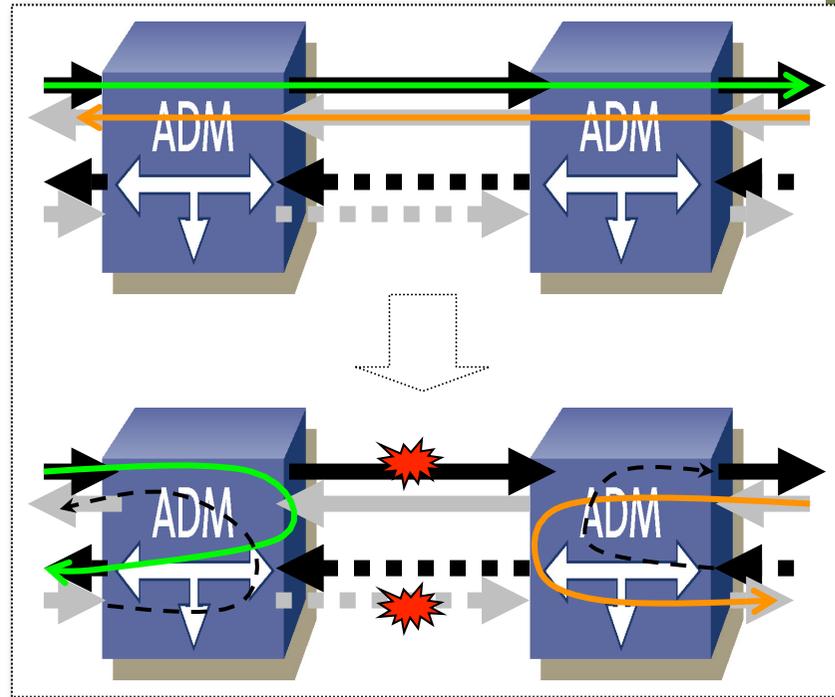
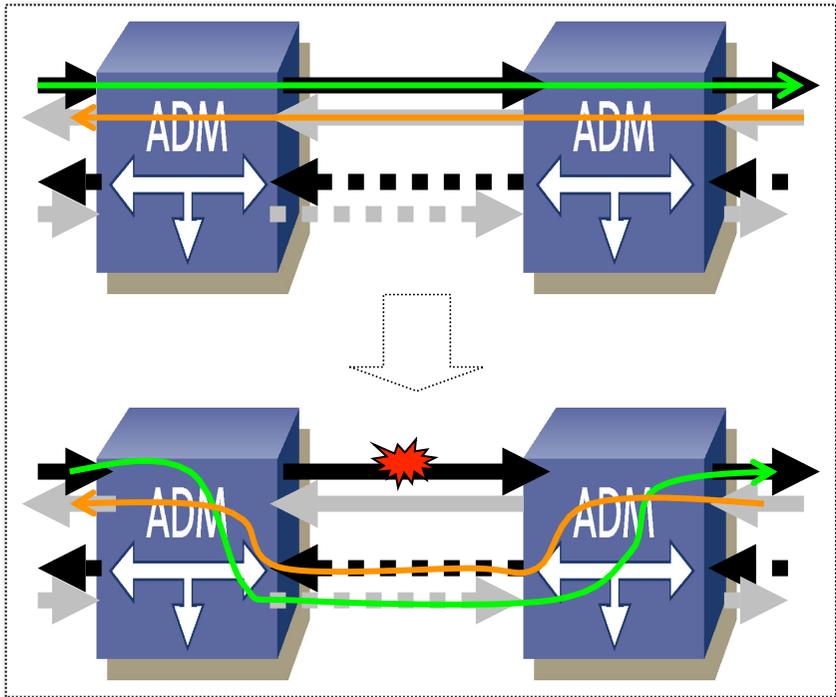
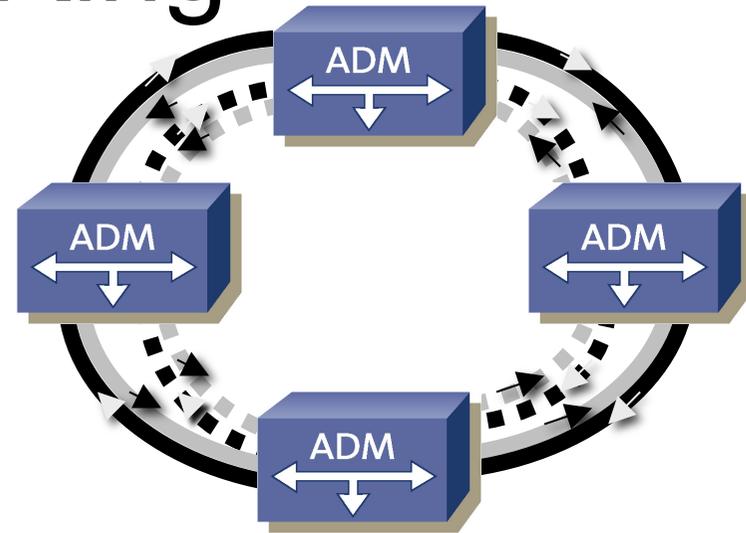


MS-SP Ring (Ejemplo)



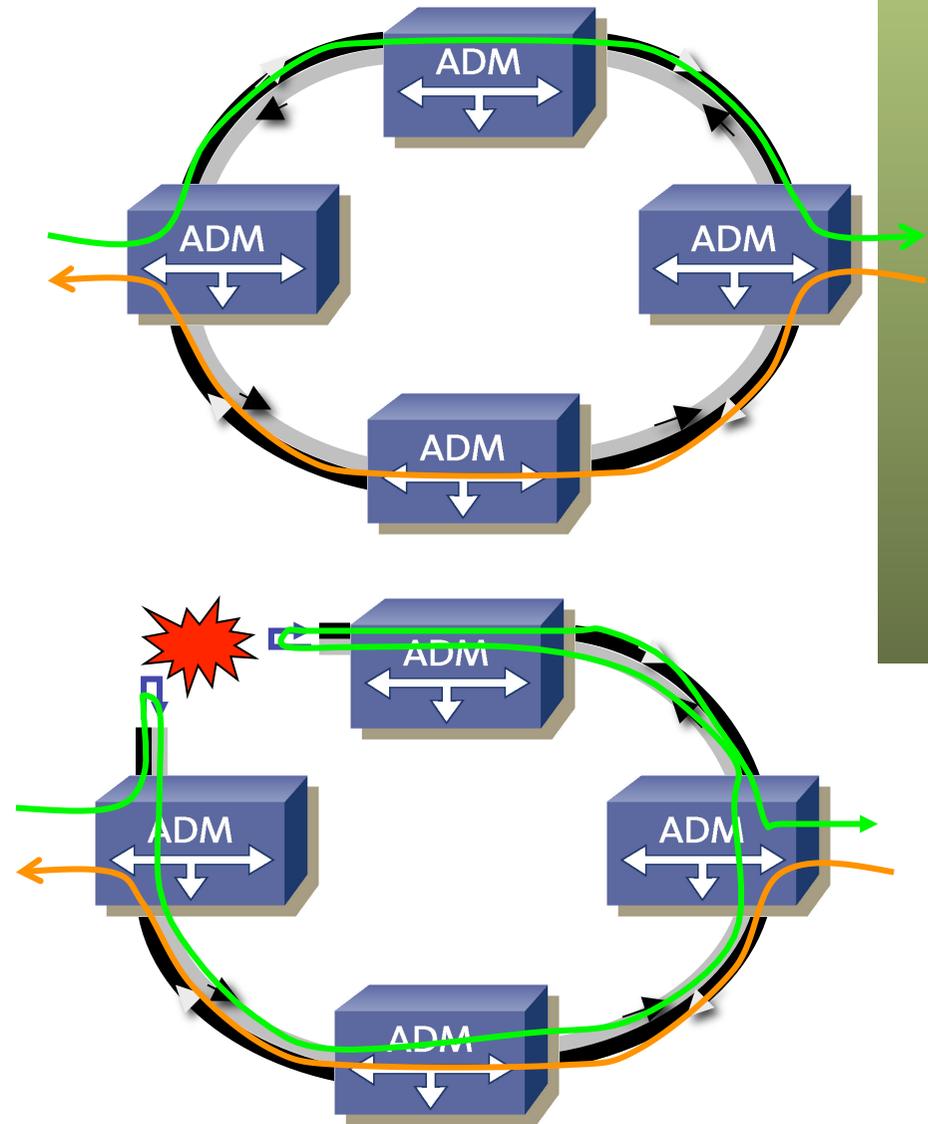
MS-SP Ring

- Con 4 fibras
- Un par dedicado a *working capacity*
- Segundo par como *spare/ protection capacity*



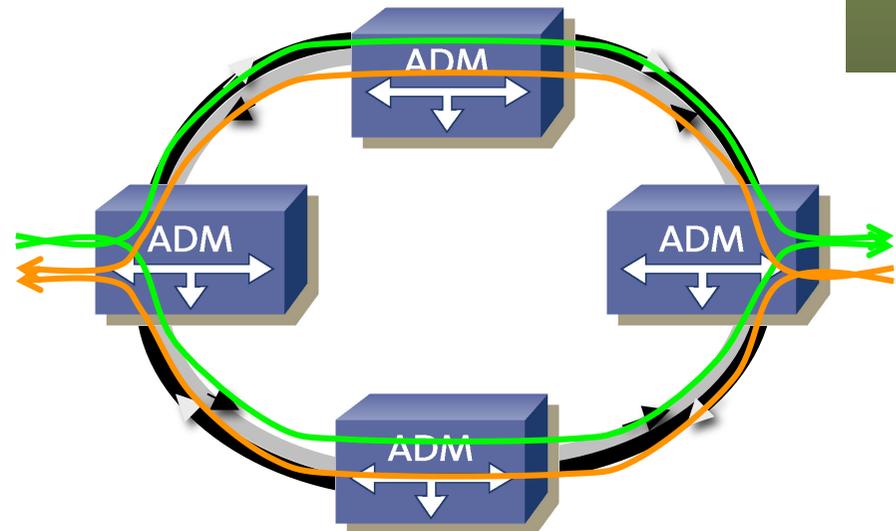
MS-DP Ring

- *Multiplex Section-Dedicated Protection Ring*
- Cada sentido de una conexión bidireccional emplea un camino distinto siguiendo un sentido del anillo
- El sentido contrario sería el backup
- Un inconveniente es que cada conexión bidireccional consume BW en todo el anillo
- Máximo 16 nodos (por limitaciones en señalización)



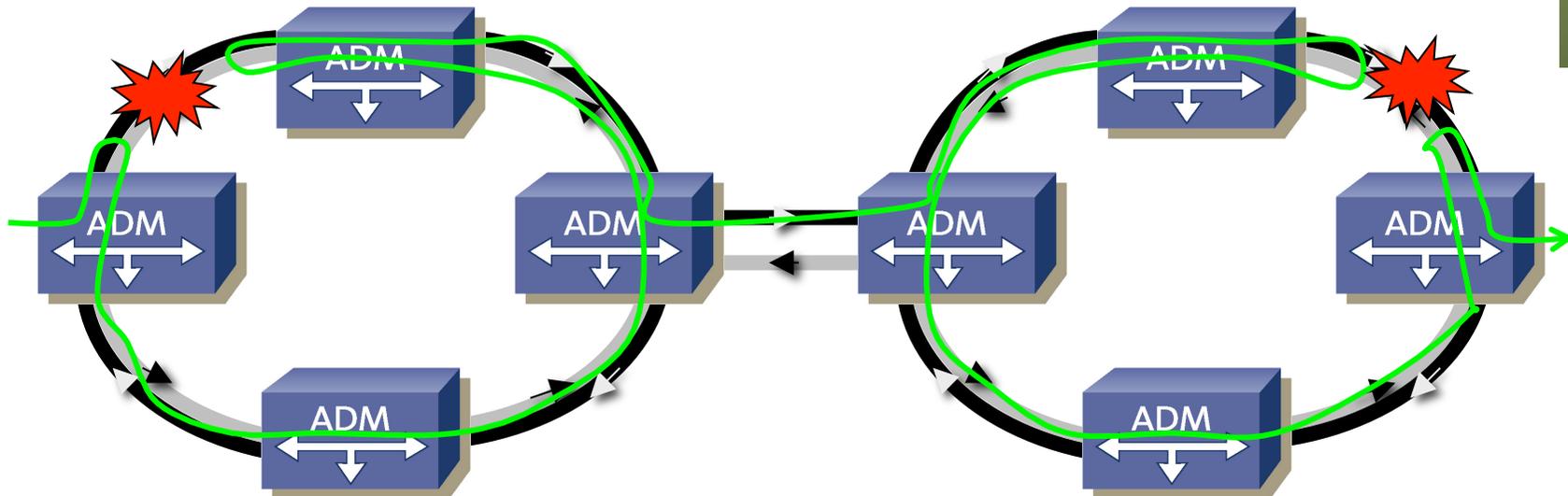
SNCP Ring

- *Subnetwork Connection Protection Ring*
- Misma filosofía que SNCP pero empleada en un anillo
- Cada conexión unidireccional emplea ambos caminos en el anillo (es un 1+1)
- No tiene la limitación de 16 nodos
- Soporta el fallo de un nodo

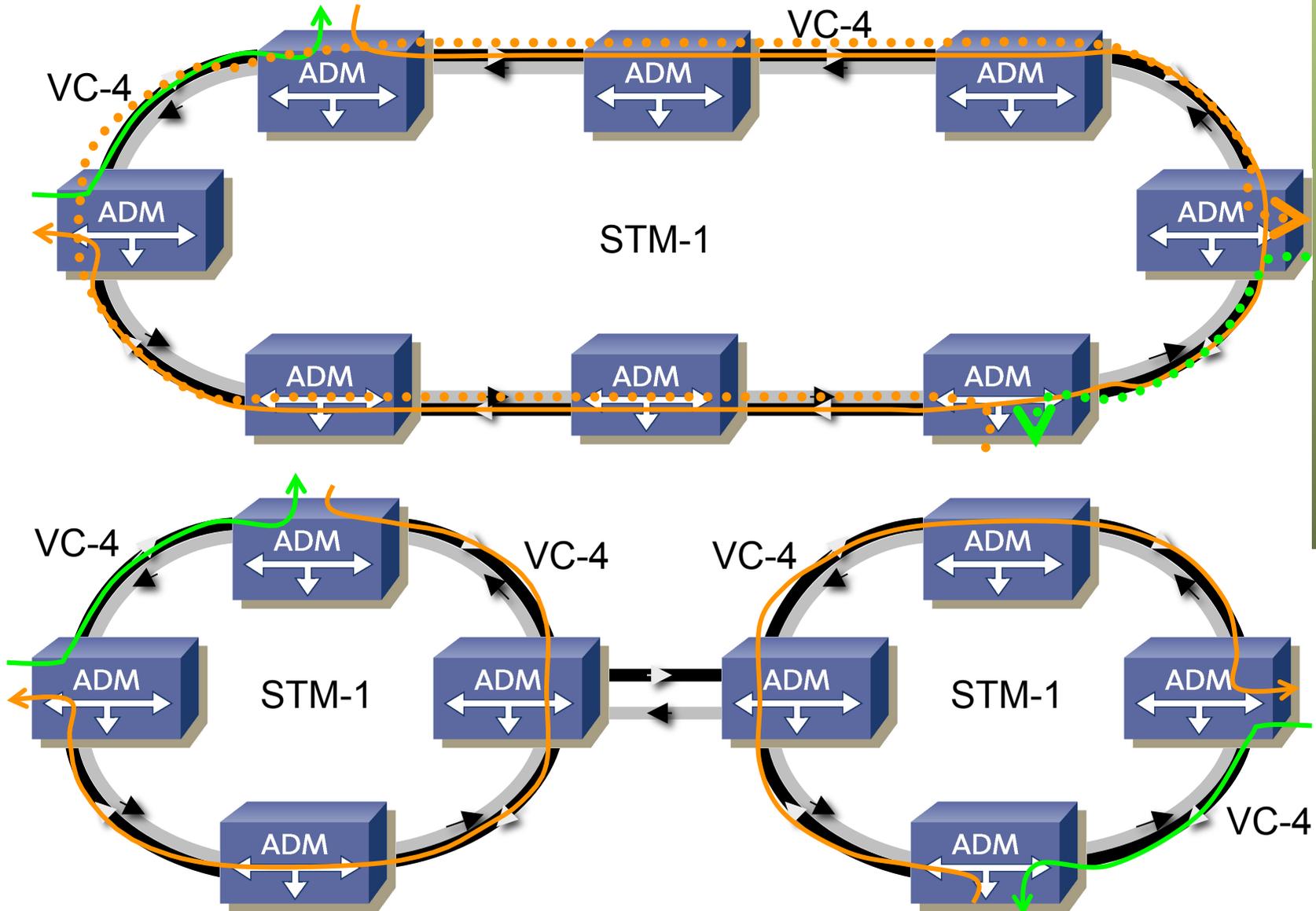


Interconexión de anillos

- Las redes SDH normalmente están formadas por varios anillos
- Un inconveniente es que la unión entre ellos puede ser un punto de fallo
- Una ventaja frente a un solo anillo es que soportan fallos dobles simultáneos si se dan en diferentes anillos
- Además permiten separar el tráfico local para que no ocupe todo el anillo (...)



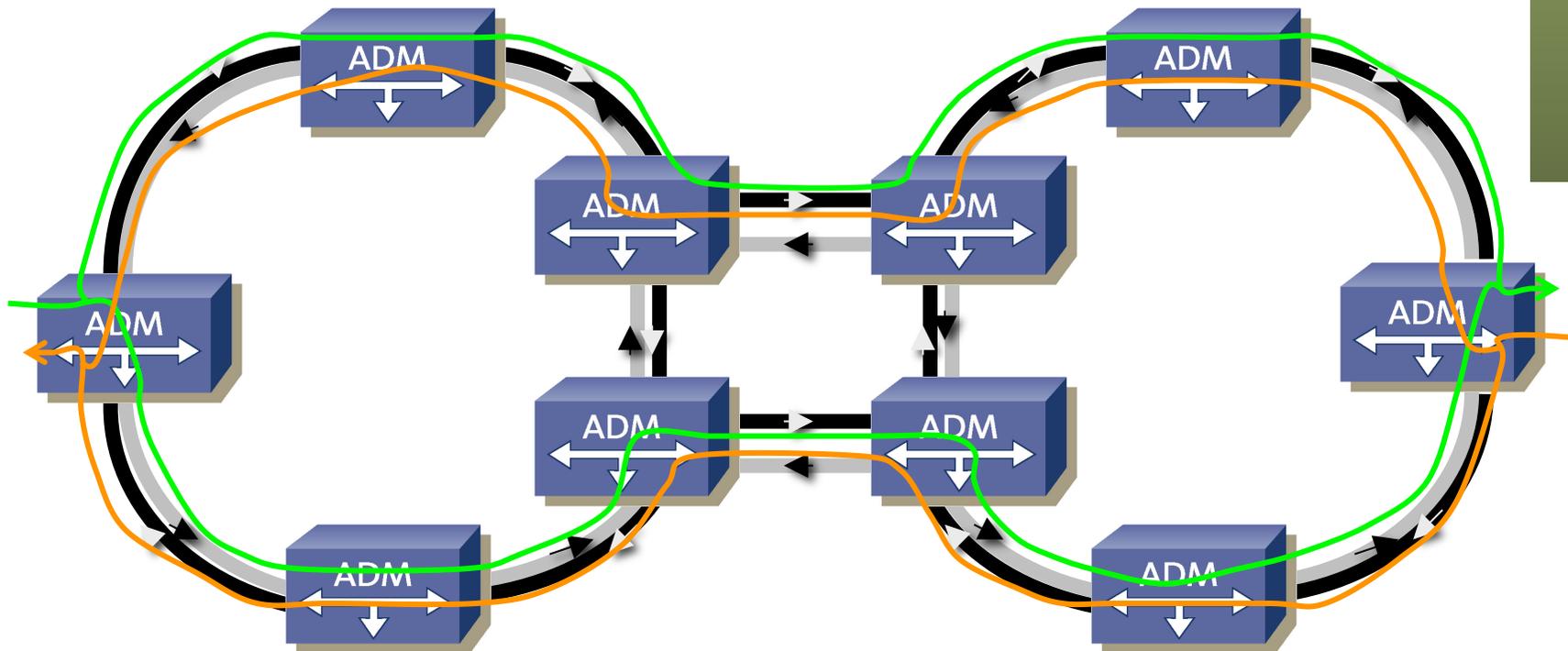
Interconexión de anillos



Protección en la interconexión

Virtual Ring interconnection

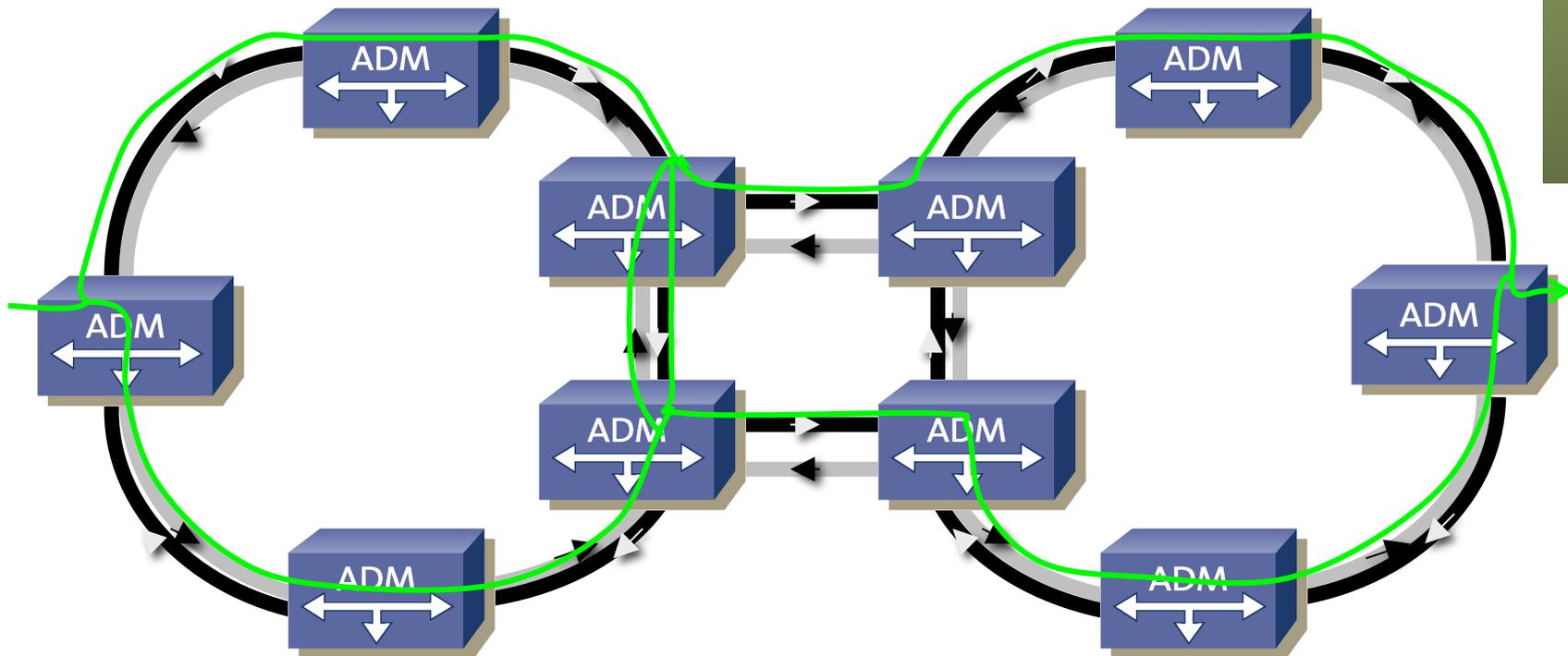
- Similar a SNCP, se usan simultáneamente (1+1) dos caminos por diferentes *gateways*



Protección en la interconexión

D&C (Drop and Continue)

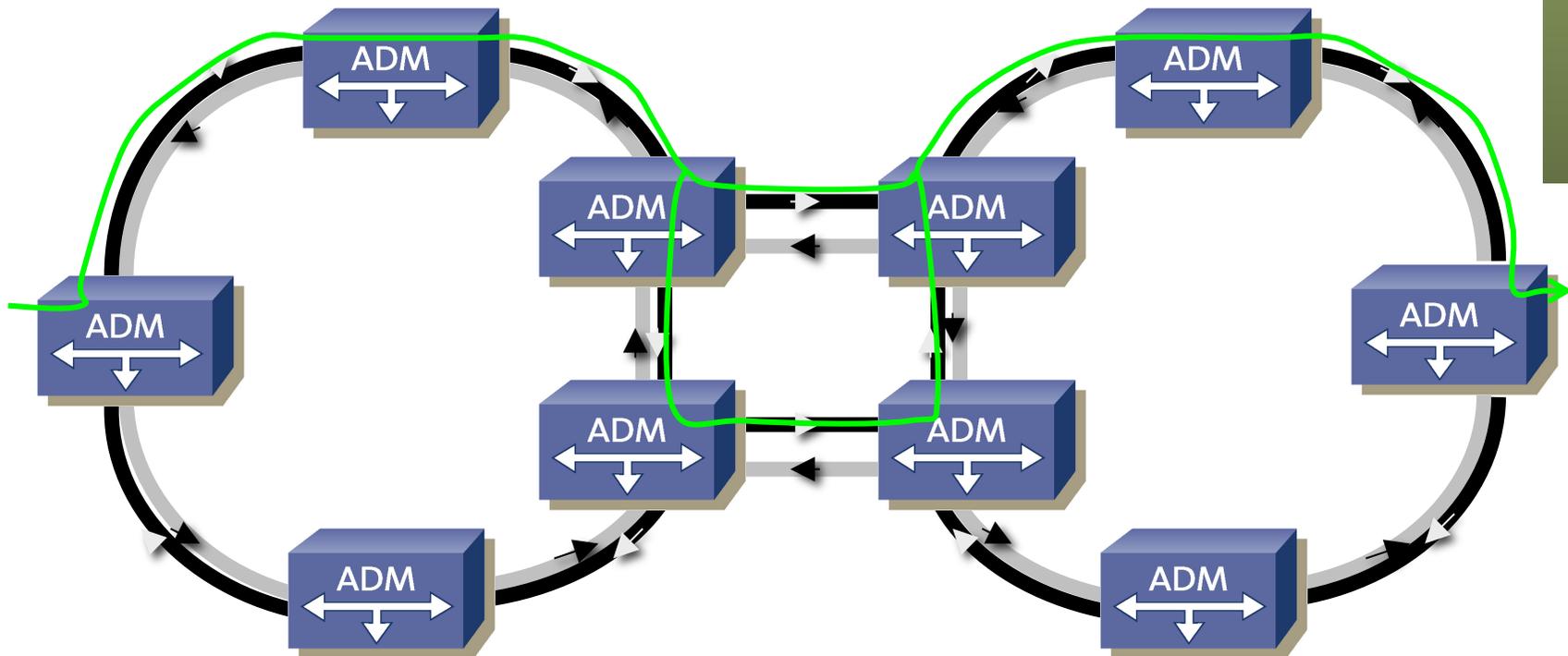
- La señal continúa hasta el siguiente *gateway*
- Puede conectar anillos SNCP



Protección en la interconexión

D&C (Drop and Continue)

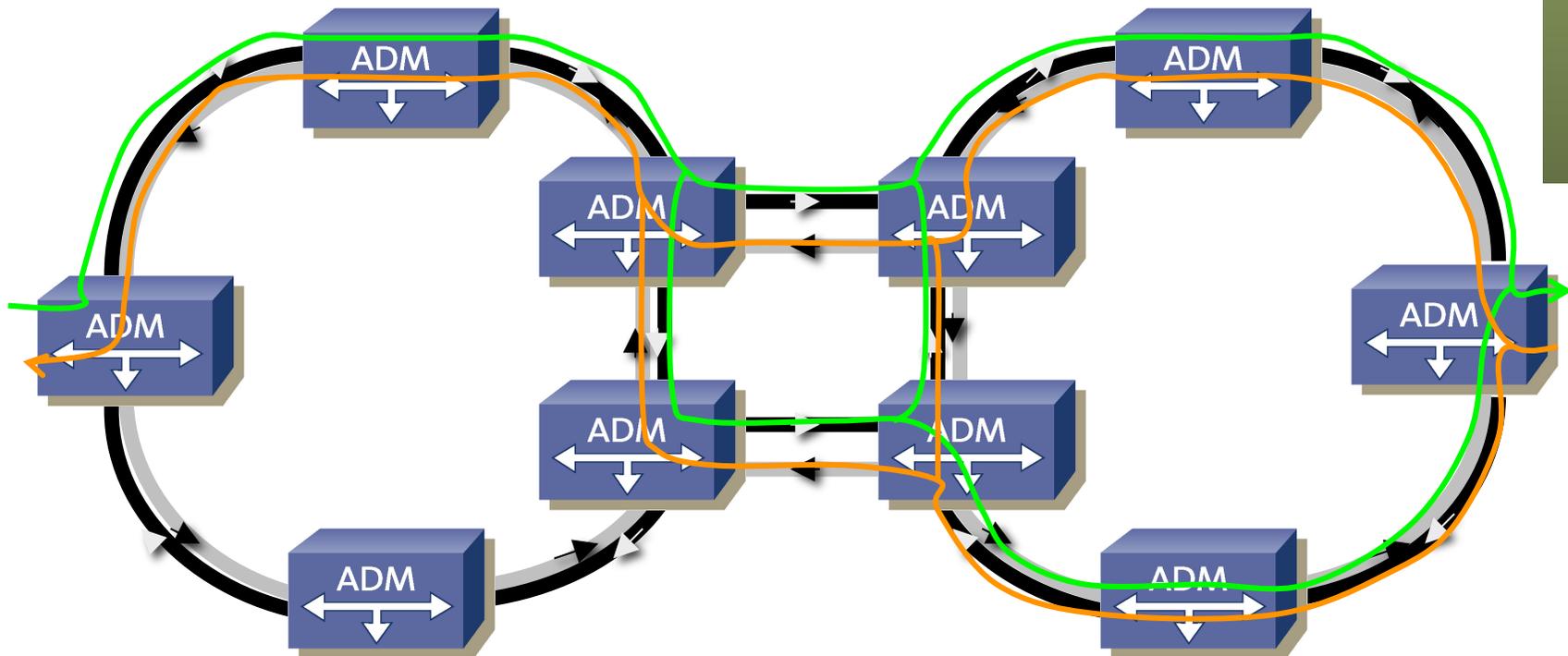
- La señal continúa hasta el siguiente *gateway*
- También puede conectar anillos MS-SP



Protección en la interconexión

D&C (Drop and Continue)

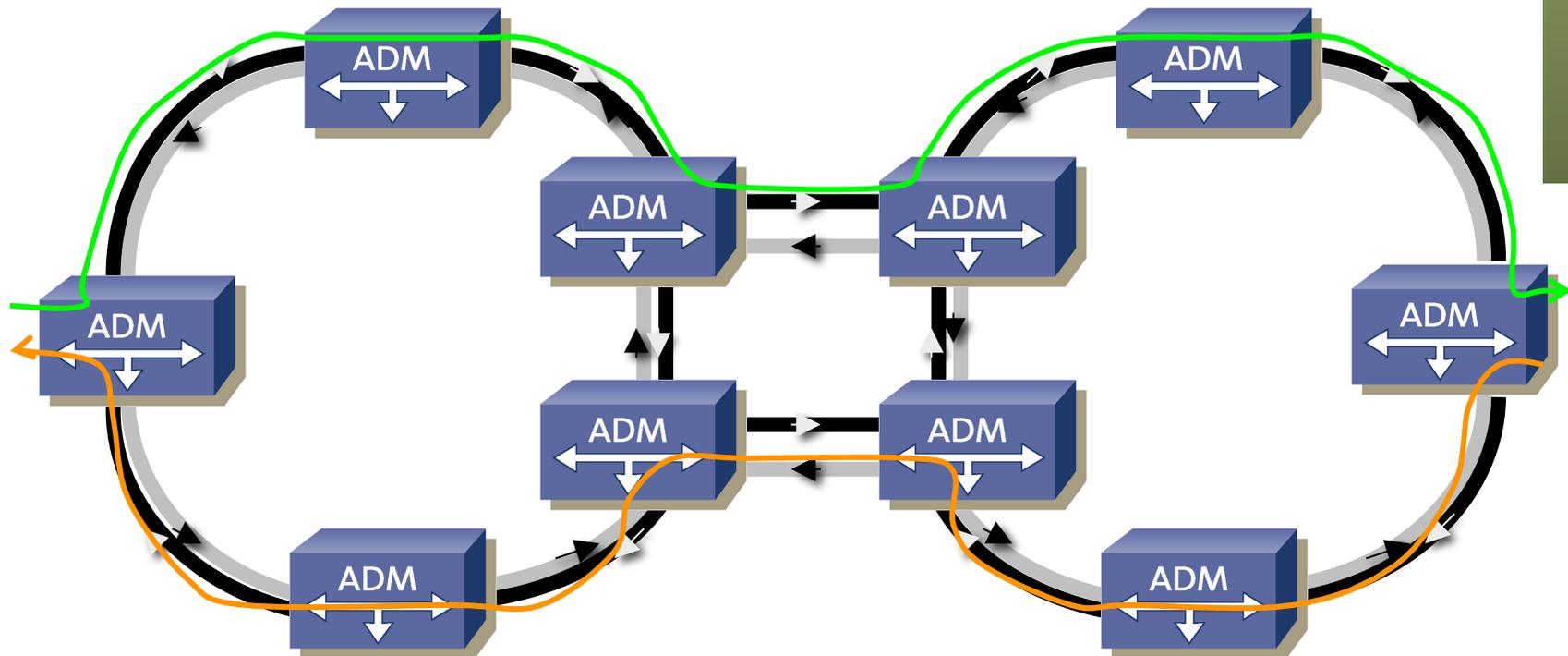
- La señal continúa hasta el siguiente *gateway*
- O un anillo MS-SP con un SNCP



Protección en la interconexión

Anillos MS-DP

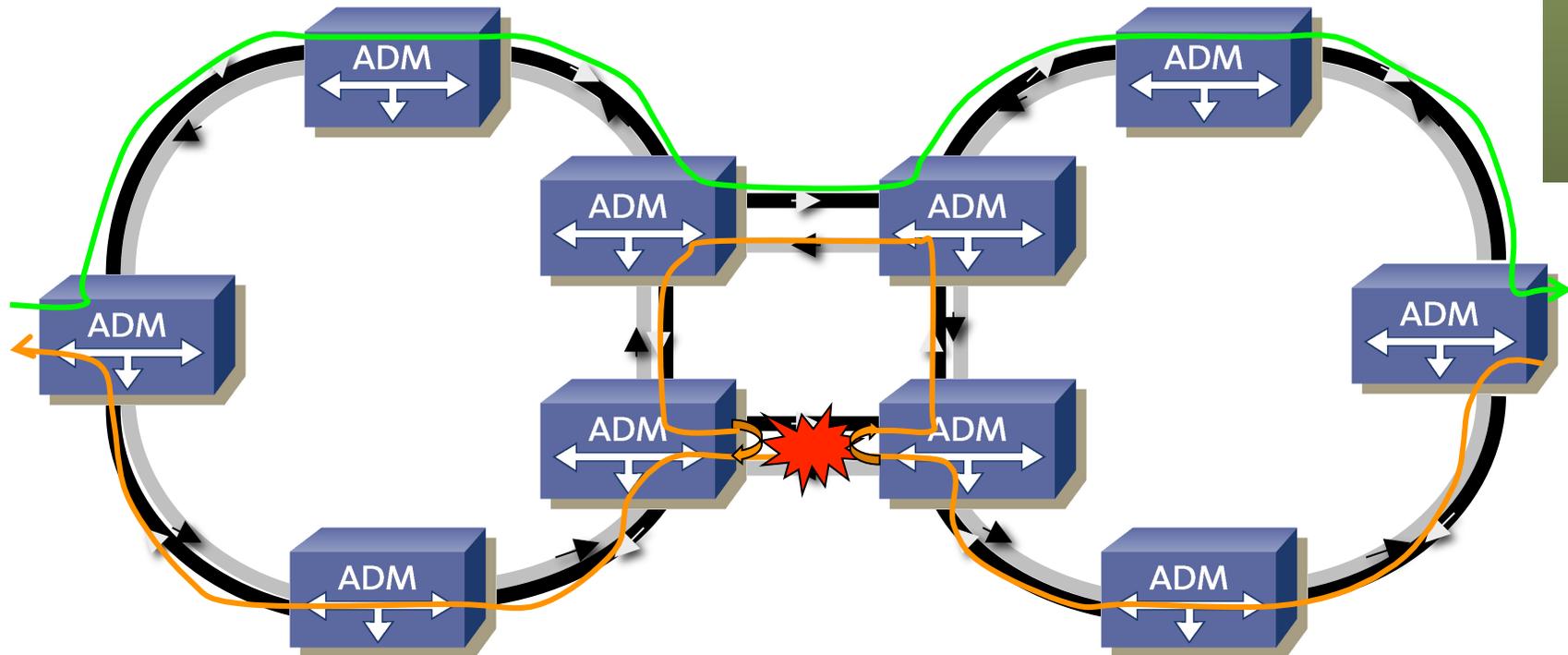
- Similar a un D&C (...)



Protección en la interconexión

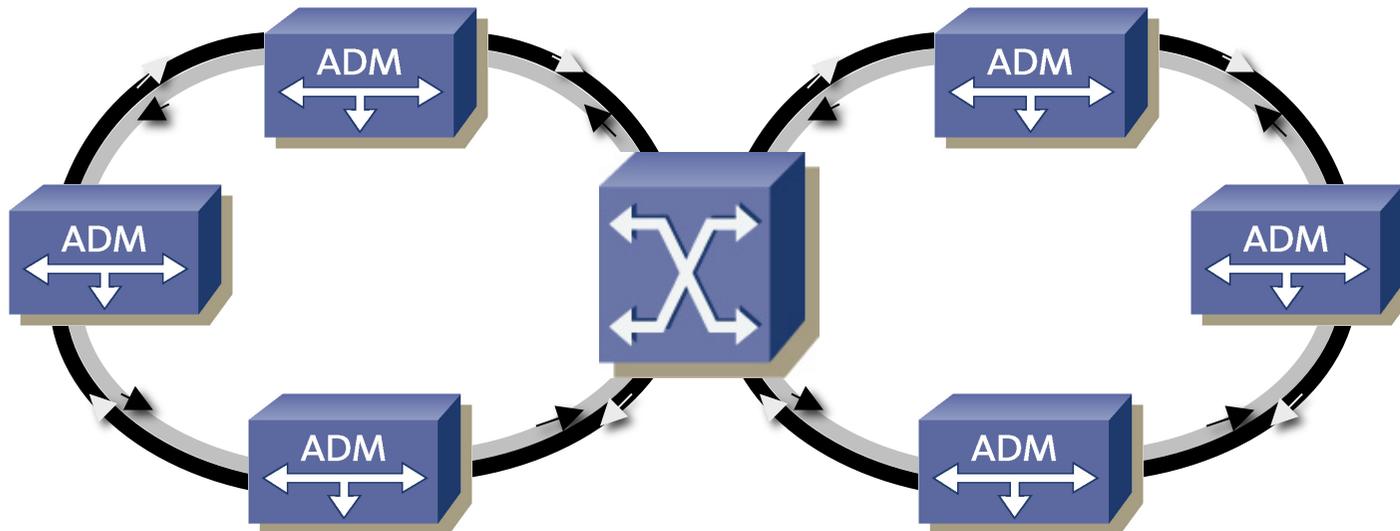
Anillos MS-DP

- Similar a un D&C (...)



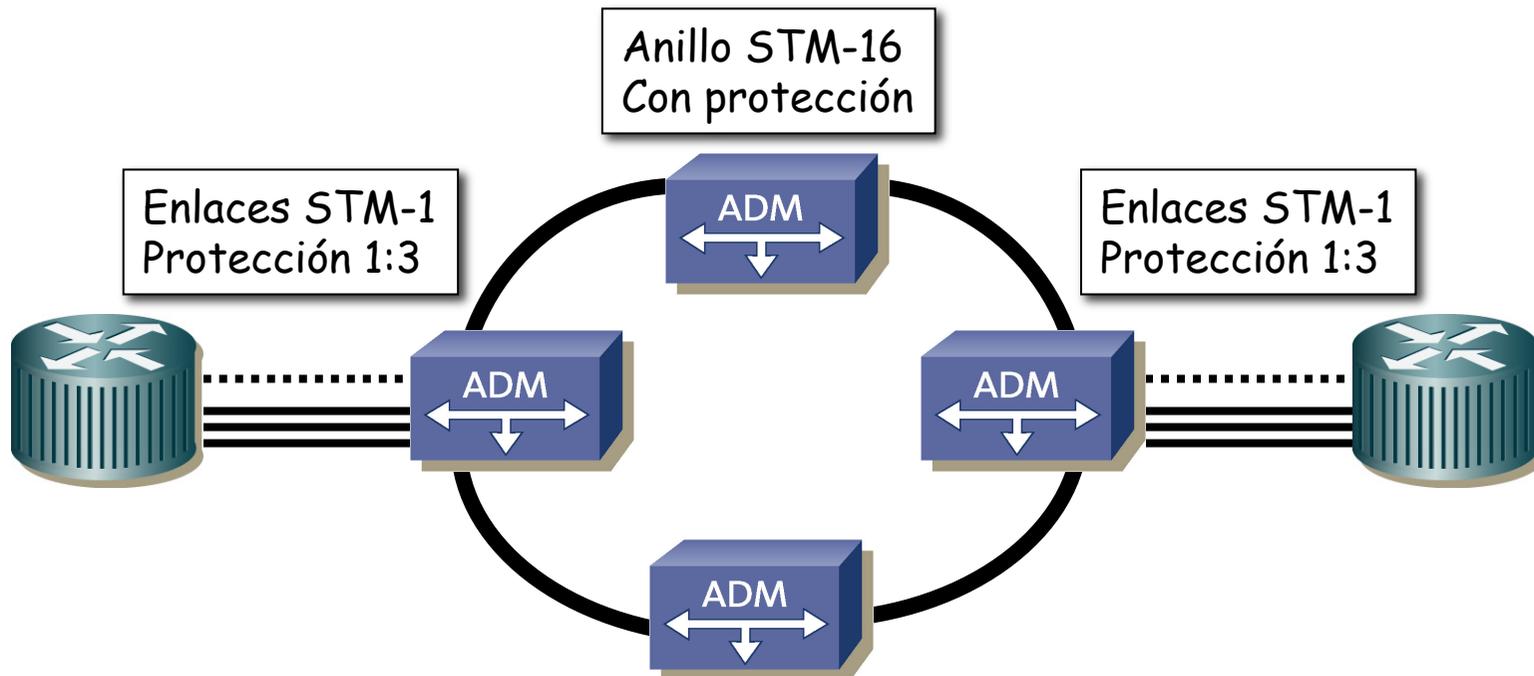
Interconexión de anillos

- Se puede tener mayor flexibilidad interconectando los anillos con un DXC



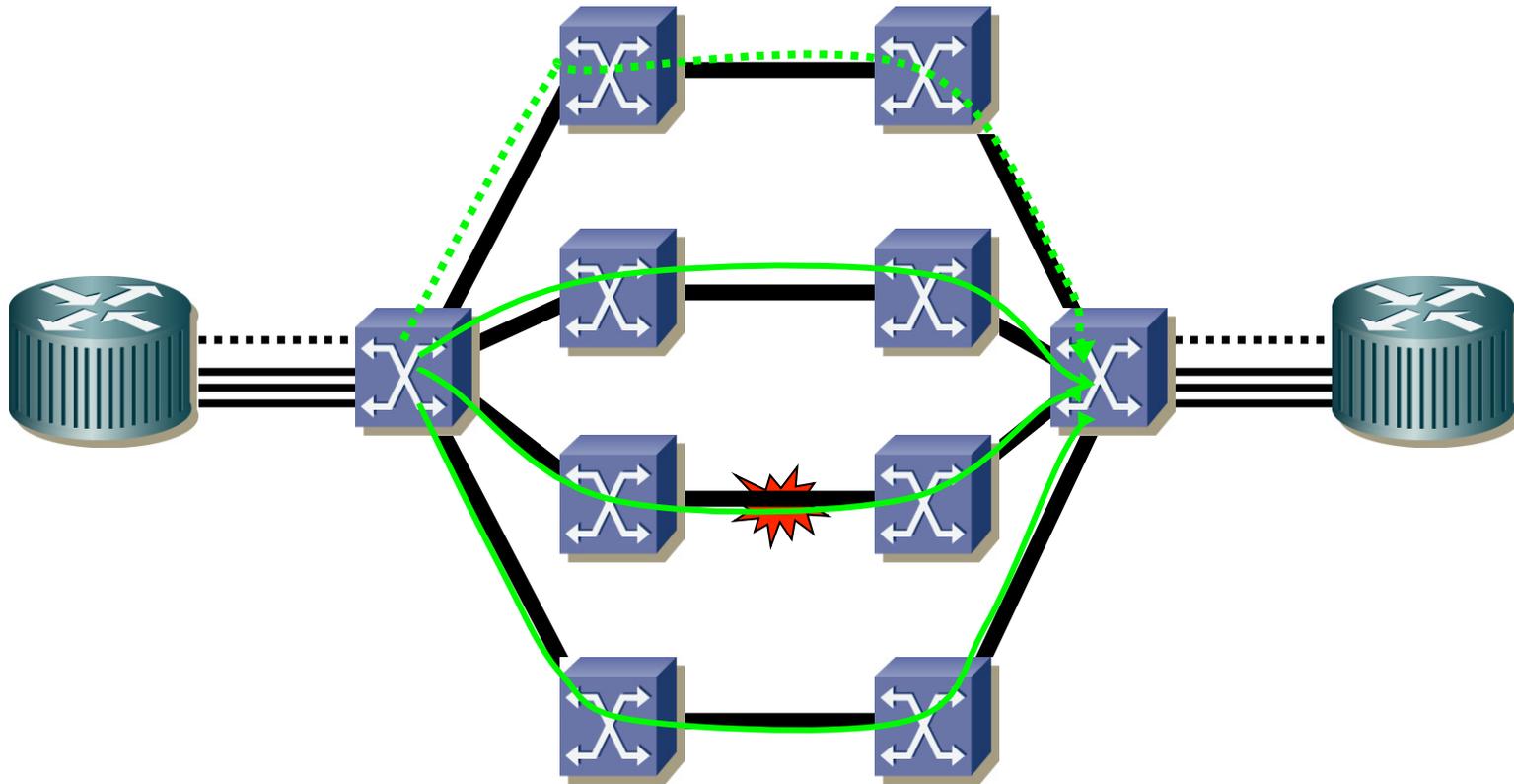
Ejemplo

- Protección de sección



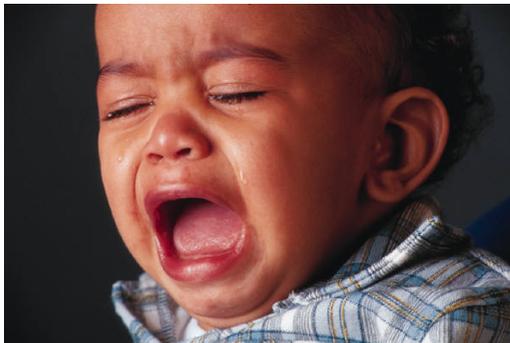
Más posibilidades

- Protección del camino en vez de sección
- Hay que terminar los VCs



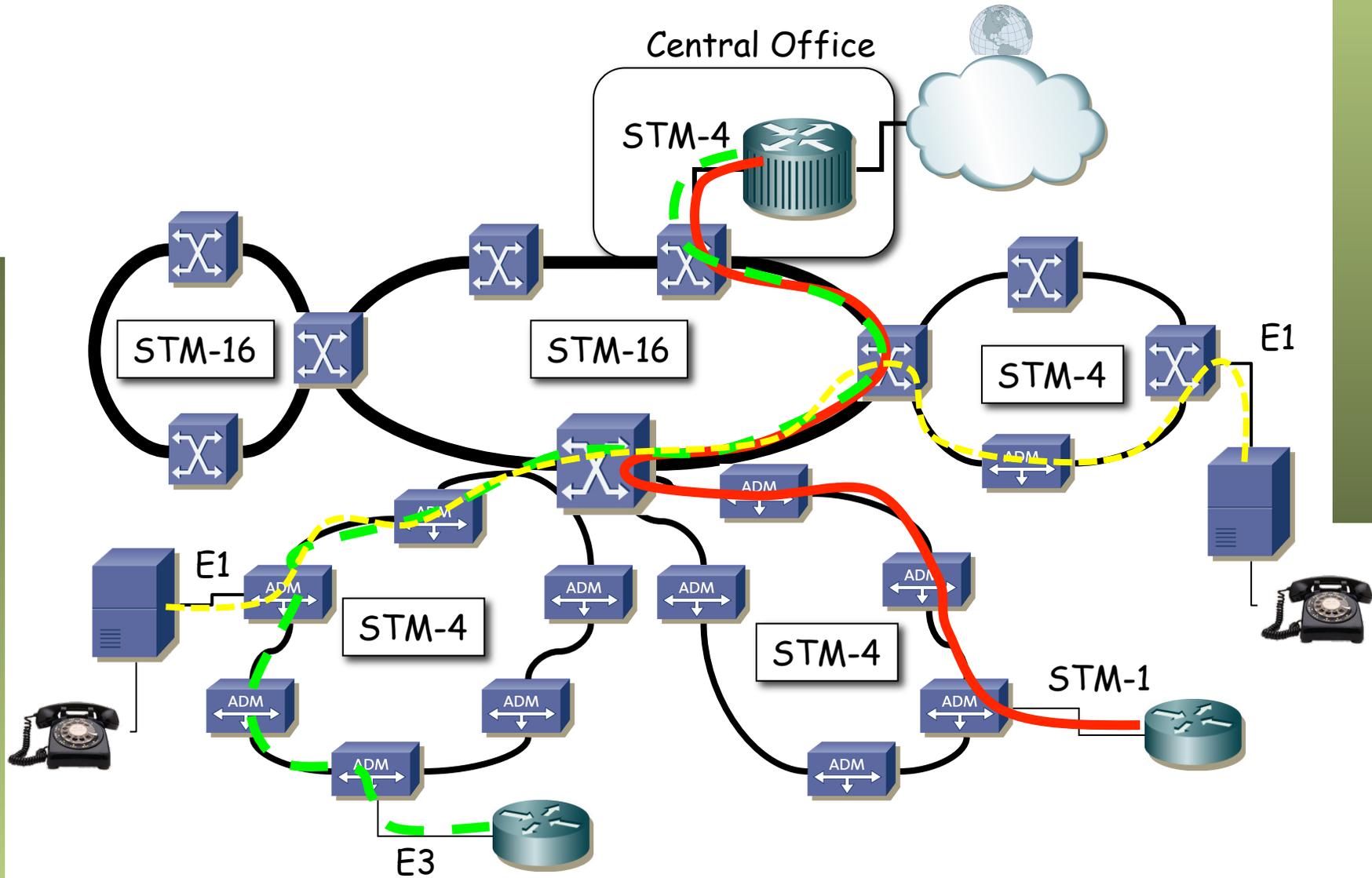
Bad things happen

- Los fallos pueden ser de un enlace: separar los caminos físicos que usan las fibras en uso y de protección
- Pueden fallar las tarjetas (soluciones 1:N)



- Puede fallar el nodo: soluciones que protejan ante ese tipo de fallos (por ejemplo SNCP)
- ¡ Fallos múltiples !

Ejemplo de red

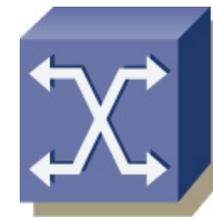
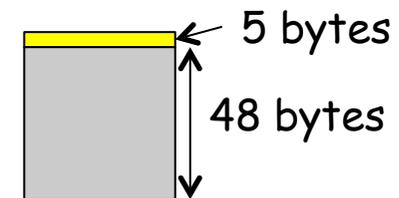


ATM

ATM: Introducción

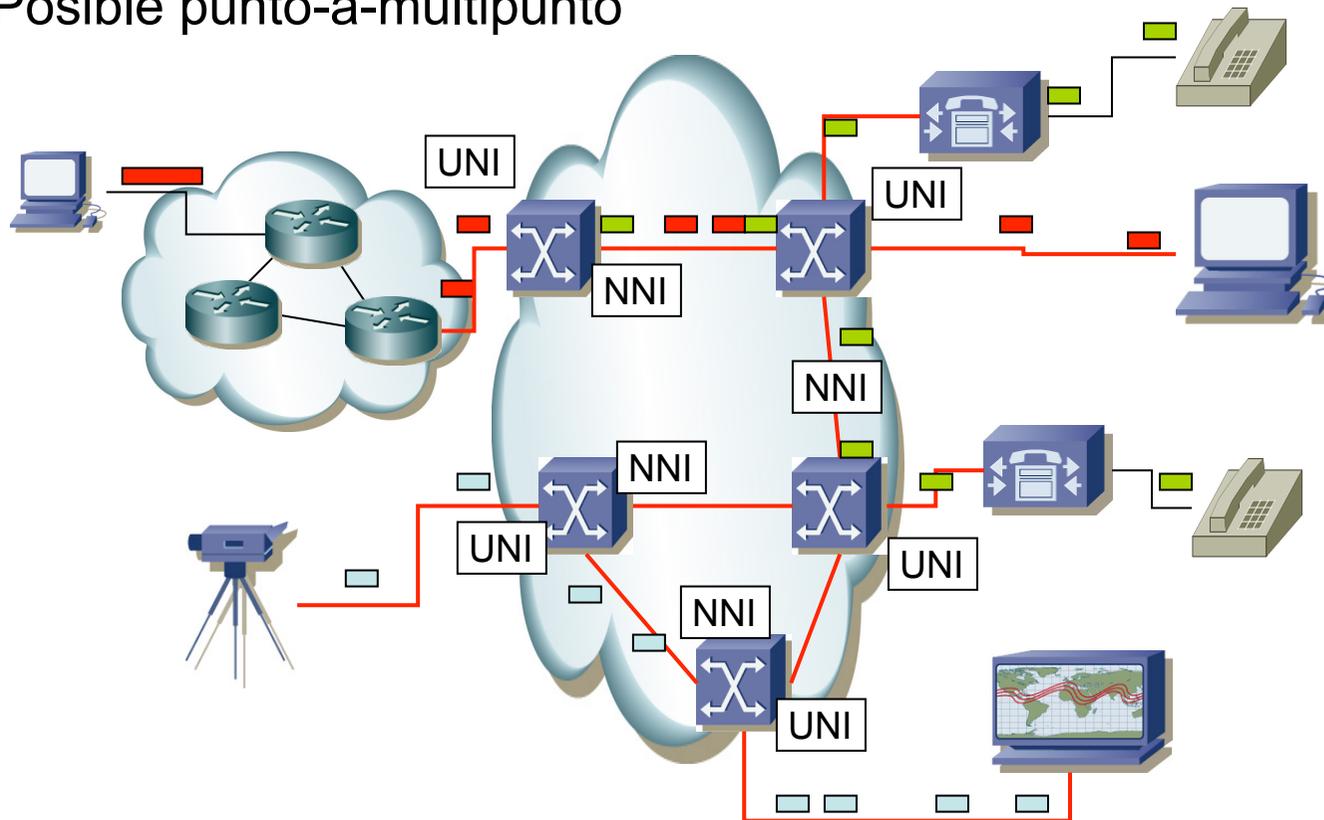
ATM

- ATM = **Asynchronous Transfer Mode**
- Estándar de la ITU-T (I.150) y el ATM Forum
- Años 80
- Seleccionada por la ITU como tecnología para la RDSI de banda ancha (BISDN)
- Conmutación de paquetes: eficiencia ante tráfico intermitente
- Orientado a conexión (circuitos virtuales): permite ofrecer capacidad garantizada y retardo acotado
- Una red para todo tipo de tráfico
 - Voz
 - Vídeo
 - Datos
- Conmutación de “celdas”: Paquetes pequeños de tamaño constante
- No asegura que lleguen
- Mantiene el orden de las celdas



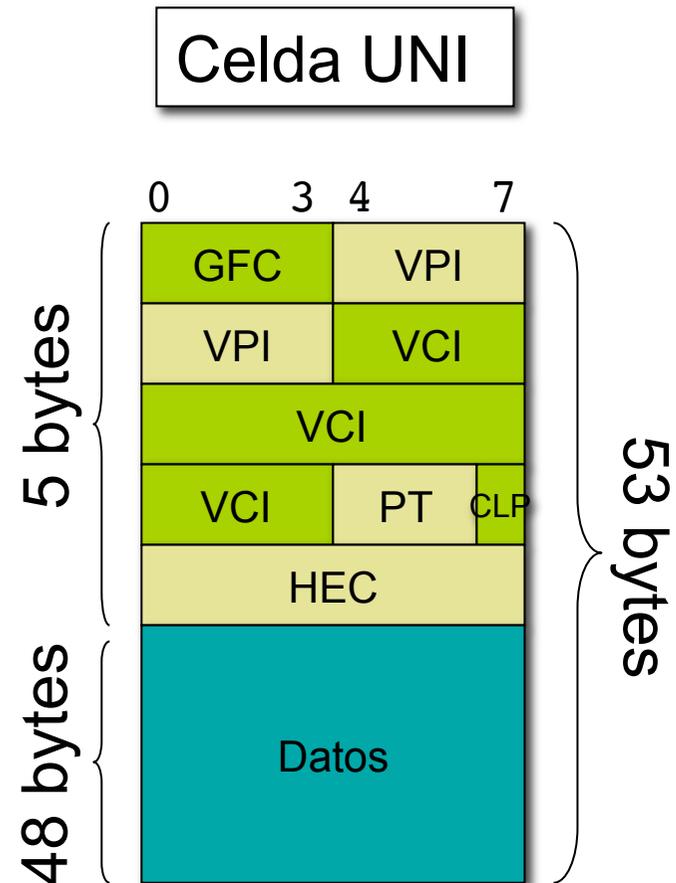
Elementos de una red ATM

- Conmutadores ATM
- ATM endpoints
- Enlaces punto-a-punto
- Unidireccional o bidireccional
- Posible punto-a-multipunto
- UNI: User to Network Interface (público o privado)
- NNI: Network to Network Interface (público o privado)



Celdas UNI y NNI

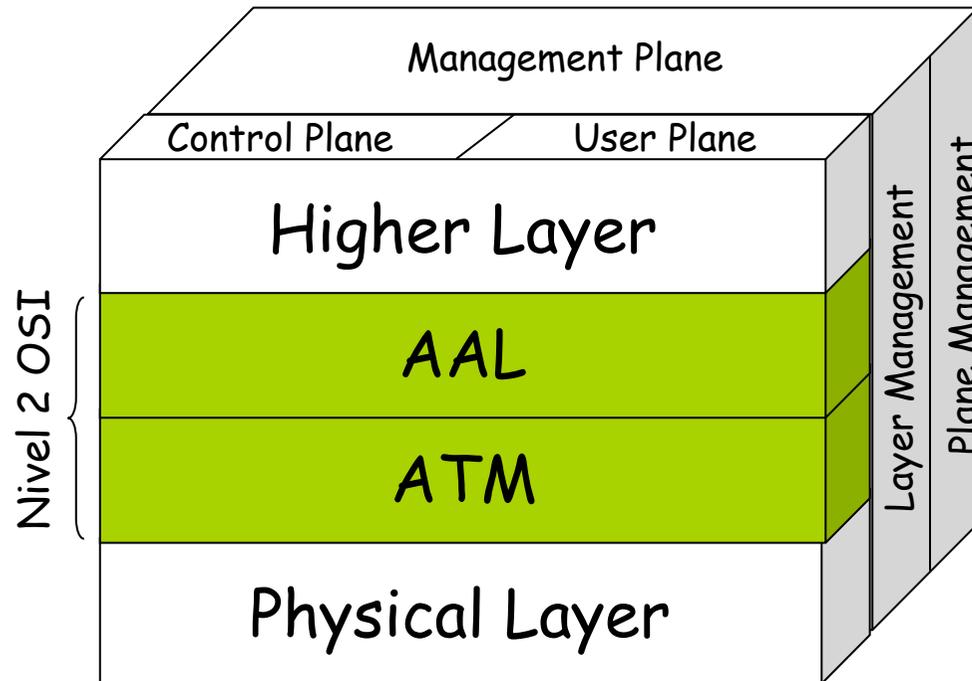
- **GFC:** *Generic Flow Control*
 - Control de flujo con usuario
- **PT:** *Payload Type*
 - 3 bits: ABC
 - A: 0=data, 1=OAM
 - B: (con A=0) B=1=congestión
 - C: (usado por AAL5)
- **CLP:** *Cell Loss Priority*
 - 0: alta prioridad
 - 1: baja prioridad



ATM: Modelo de referencia y capas de adaptación

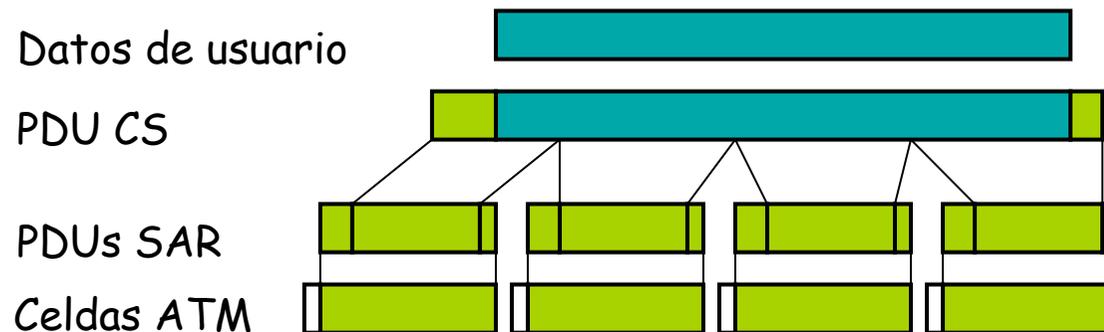
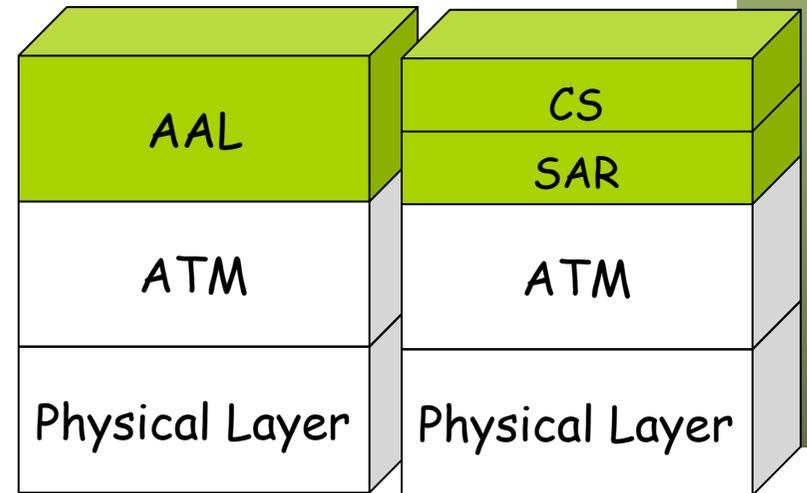
Modelo general: 3 planos

- Usuario: responsable de gestionar la transferencia de datos (*user plane* o *data plane*)
- Control: generación y gestión de señalización (*control plane*)
- Gestión: (*management plane*)
 - *Layer Management*: Específico de cada capa
 - *Plane Management*: gestiona funciones que afectan al sistema completo



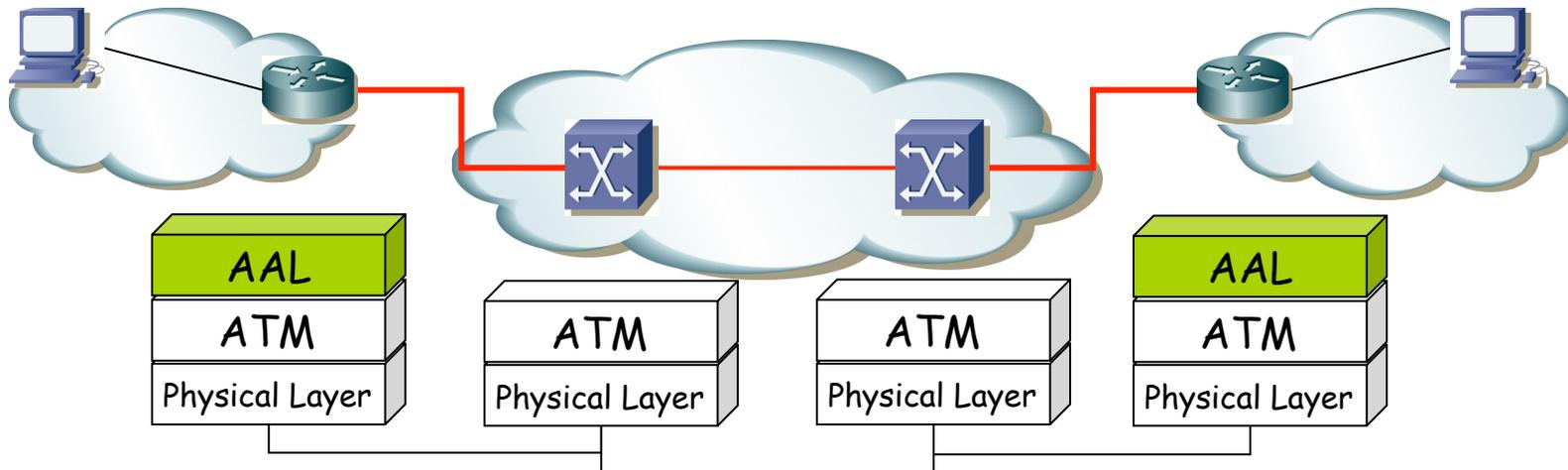
Capa de adaptación

- Para el soporte de protocolos no basados en ATM
- Incluye dos sub-capas:
 - CS (*Convergence Sublayer*)
 - Para el soporte de aplicaciones específicas
 - SAR (*Segmentation And Reassembly*)
 - Adapta las tramas del nivel superior a celdas y viceversa



Capa de adaptación

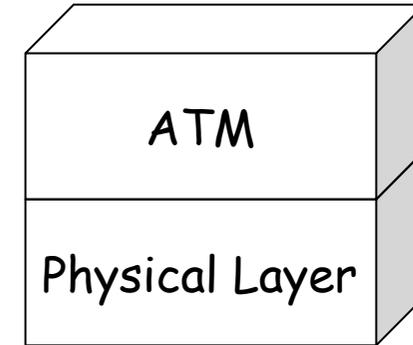
- End-to-end. Solo en los extremos del circuito
- AAL Type 0 (raw cells)
- AAL Type 1 (I.363.1)
 - Para fuentes CBR (T1, E1, voz, videoconferencia)
 - SAR simplemente empaqueta los bits en celdas
 - Requiere sincronización en capa física
- AAL Type 2 (I.363.2)
 - Fuentes VBR (Voz y vídeo comprimido)
- AAL Type 3/4 (I.363.3)
 - Fuentes VBR, datos
- AAL Type 5 (I.363.5)
 - Similar a 3/4
 - Menor sobrecarga de protocolo



Transporte de ATM

Transporte de ATM

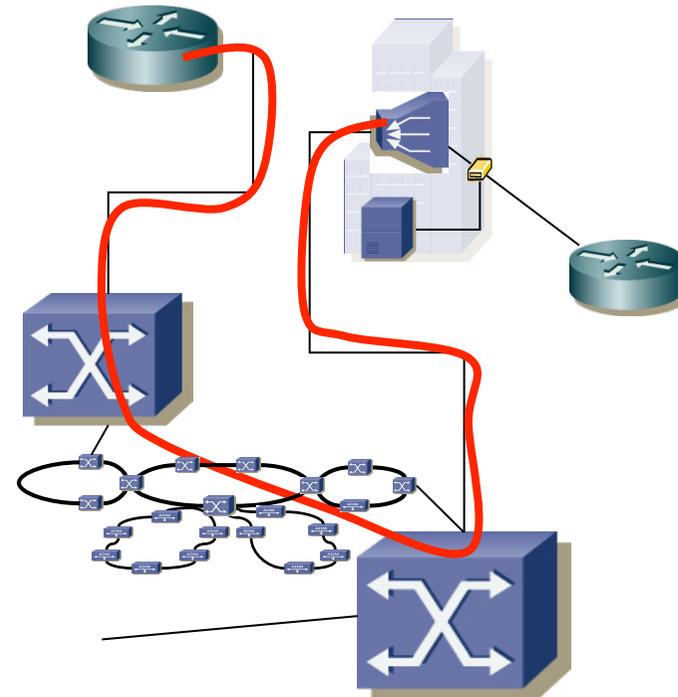
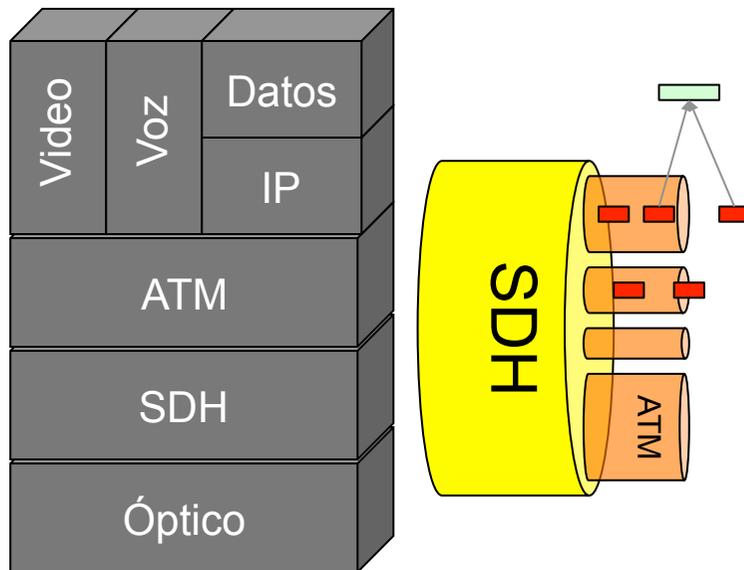
- Nativo (infrecuente)
 - 25.6 Mbps sobre UTP Cat. 3 (ATM25)
 - 51.84 Mbps sobre UTP Cat. 3
 - Encapsulado STS-1 (SONET)
 - A mejor cable mayor distancia (Cat.5 160m)
 - Opcional 25.92 y 12.96 Mbps a mayor distancia
 - 155.52 Mbps sobre UTP/STP Cat.5
 - Encapsulado STS-3 (SONET/SDH)
- Sobre PDH (G.804 y versiones del ATM Forum)
- Sobre SDH
- Sobre DSL
- Sobre PONs
- Sobre Ethernet (FATE = Frame-based ATM Transport over Ethernet)



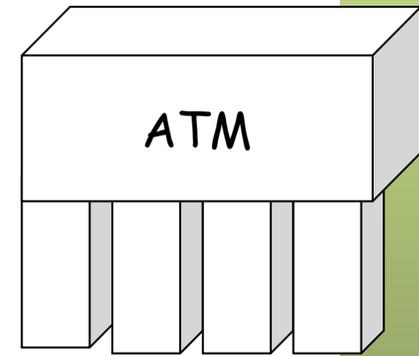
IP over ATM over SDH

- ATM ofrece QoS
- Acomoda múltiples protocolos y servicios
- Mayor flexibilidad en el transporte

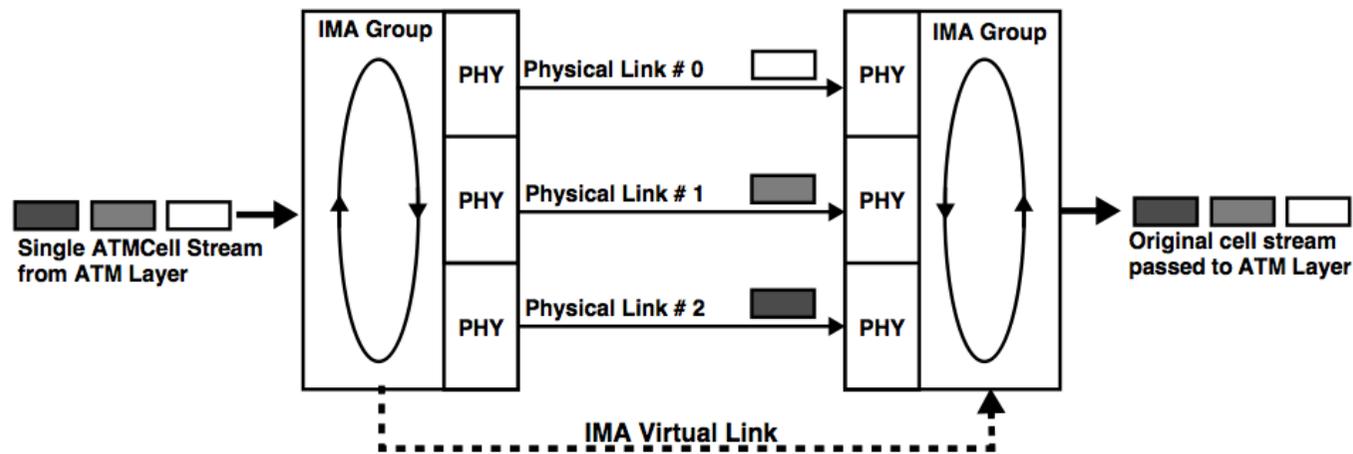
(ATM sobre SDH en la sección 10.2 de G.707 01/2007)



IMA



- Inverse Multiplexing for ATM
- ATM Forum AF-PHY-0086.000
- El tráfico se reparte entre varios enlaces en paralelo
- Celdas especiales periódicas con información para reconstruir el flujo
- Se pueden añadir/retirar enlaces con el grupo en uso
- Es habitual en agregación de E1s

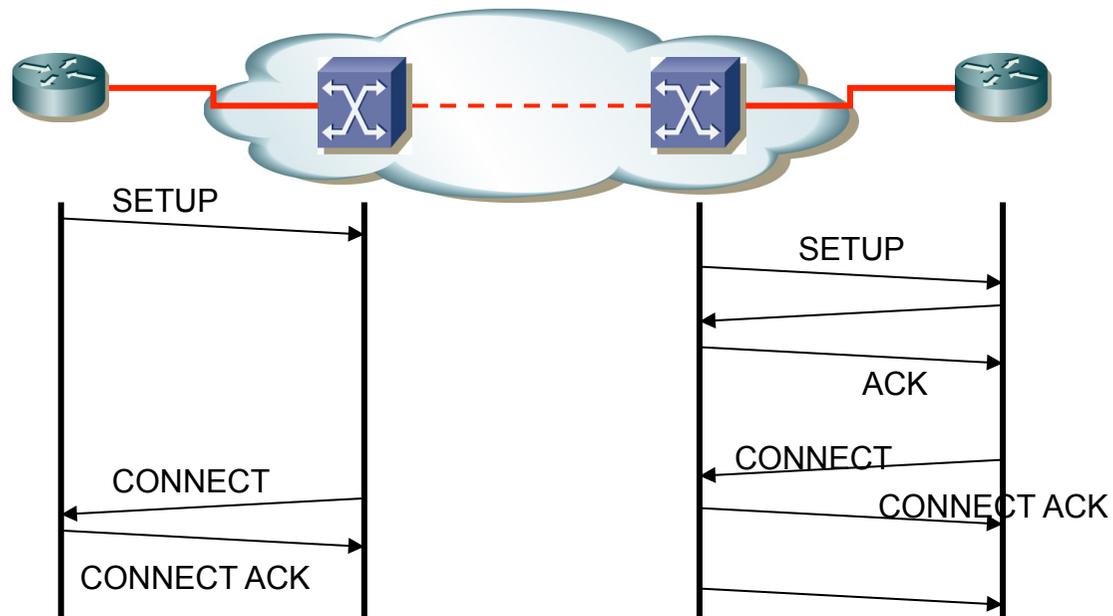


Tx direction cells distributed across links in round robin sequence
 Rx direction cells recombined into single ATM stream

Señalización en ATM

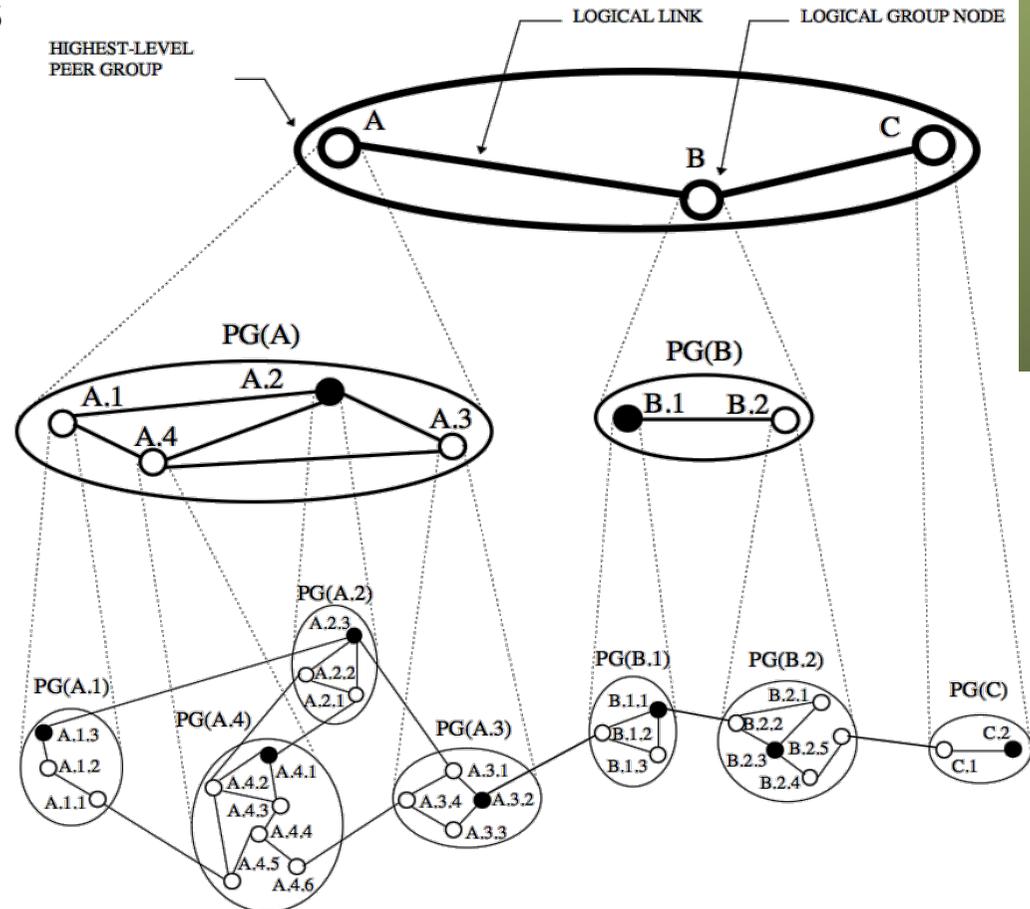
UNI Signalling

- Especifica entre otros cómo hacer:
 - Llamadas punto-a-punto (Q.2931)
 - Llamadas punto-a-multipunto
 - Señalización de parámetros de QoS
 - Negociación de parámetros de tráfico



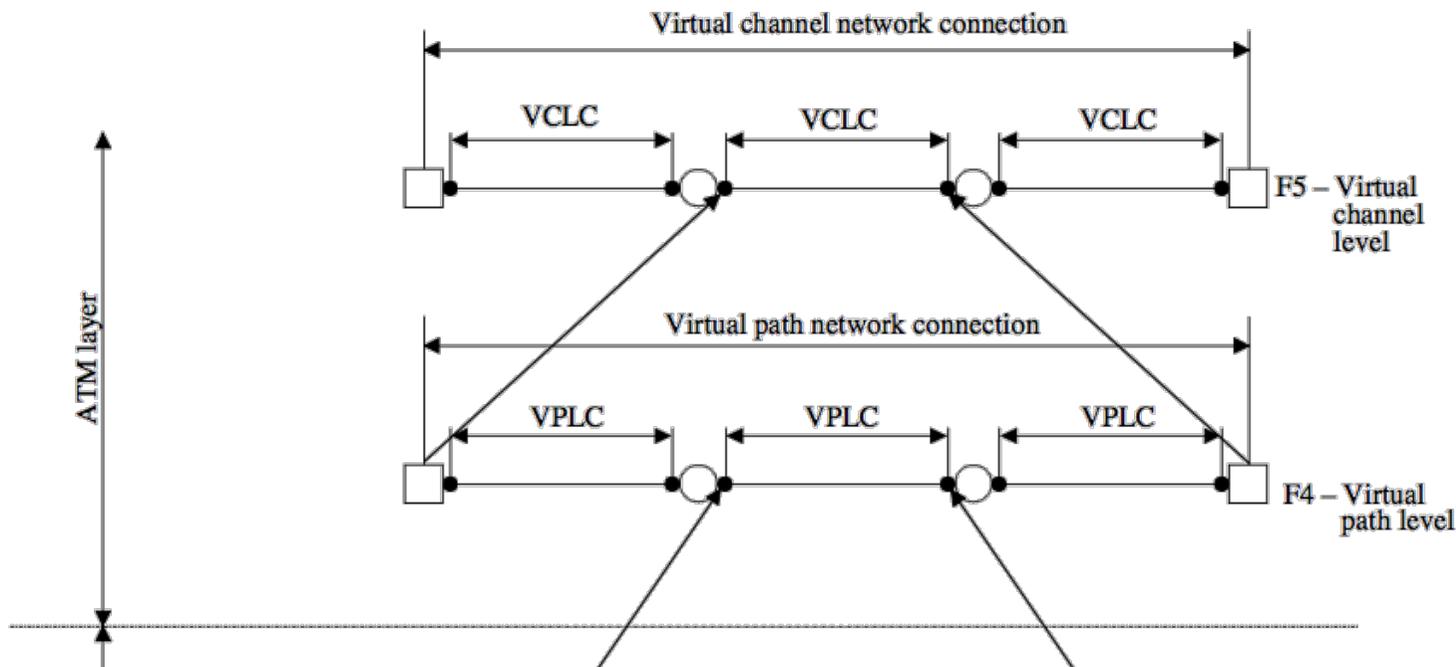
PNNI

- *Private Network Node Interface* o *Private Network-to-Network Interface*
- Protocolo de enrutamiento link-state
- Jerárquico para mayor escalabilidad
- Ofrece *Topology discovery* y *Call establishment*
- Ante una solicitud de establecimiento, el ingress switch localiza un camino que cumpla los requisitos de QoS
- Source routing



OAM

- *Operation, Administration and Maintenance*
- Ofrece gestión de fallos e integridad en VPs/VCs
- Celdas con primer bit del PT a 1 (I.610):
 - Celdas F5: Empleadas en VCCs
 - Celdas F4: Empleadas en VPCs
- *OAM Endpoints*:
 - Pueden enviar celdas de *loopback* que son devueltas por otro *endpoint*
 - Un fallo se notifica a los *endpoints*



Valores

- VPI/VCI 0/0 = unassigned cell
- VPI > 0 , VCI = 0 no válido
- VCI = 0-31 reservados, por ejemplo:
 - Celdas OAM F4 (para VPs): VPI/3 (segment F4) y VPI/4 (end-to-end F4)
 - Celdas OAM F5 (para VCs), celdas RM: VCI = 0,3,4,6 ó 7
 - Ver I.361
 - 0/5: *UNI Call signaling*
 - 0/16: *ILMI (Integrated Link Management Interface)*
 - 0/18: *PNNI (Private Network-to-Network Interface)*
- Direccionamiento:
 - Estándar ITU E.164 para interfaces públicos
 - Extendido por el ATM Forum para interfaces privados (direcciones de 20 bytes)

Gestión de tráfico en ATM

Traffic Management

- Proteger a la red y a los sistemas finales ante congestión
- Para alcanzar los objetivos de calidad y rendimiento
- Herramientas:
 - Connection Admission Control (CAC)
 - Feedback Controls (ABR flow control)
 - Usage Parameter Control (UPC)
 - Network Parameter Control (NPC)
 - Cell Loss Priority control
 - Traffic Shaping
 - Network Resource Management
 - Frame Discard
- AF-TM-0121.000
- I.371, I.356, I.150 (hay diferencias entre las recomendaciones ITU-T y del ATM Forum)

Traffic Management

- Se selecciona una clase de QoS para el circuito
 - Especifica parámetros de capa ATM y procedimientos para ofrecer un servicio y un grupo de clases de servicio
- | | | |
|---------------|---|---|
| Real Time | { | - DBR : Deterministic Bit Rate (CBR en el ATM Forum) |
| | | - SBR : Statistical Bit Rate (VBR en el ATM Forum) <ul style="list-style-type: none">• rt-SBR (rt-VBR)• nrt-SBR (nrt-VBR) |
| Non Real Time | { | - ABR : Available Bit Rate |
| | | - GFR : Guaranteed Frame Rate |
| | | - UBR : Unspecified Bit Rate (solo en el ATM Forum) |
| | | - ABT : ATM Block Transfer (sin equivalente en el ATM Forum) |
- ITU-T especifica DBR como la ATC por defecto

Parámetros y descriptores de tráfico

- Los **parámetros de tráfico** describen las características del tráfico generado por una fuente
 - PCR (*Peak Cell Rate*): inverso del mínimo inter-arrival time
 - SCR (*Sustainable Cell Rate*)
 - MBS (*Maximum Burst Size*) e IBT (*Intrinsic Burst Tolerance*)
 - MCR (*Minimum Cell Rate*)
 - MFS (*Maximum Frame Size*)
- Una celda dentro de los parámetros de tráfico se dice que es *conforme* a los mismos (“conformant”)
- El **descriptor de tráfico de una fuente** es el conjunto de parámetros de tráfico
- El **descriptor de tráfico de una conexión** incluye:
 - El descriptor de tráfico de la fuente
 - El CDVT (*Cell Delay Variation Tolerance*)
 - La técnica para decir qué celdas cumplen con los requisitos

Traffic Contract y QoS

- Traffic Contract = ATC + descriptor de tráfico de la fuente + QoS class + CDVT
- QoS se mide entre dos puntos, en la conexión entera o en un segmento
- Una celda es conforme referido a un interfaz
- El operador puede decidir cuándo una conexión con celdas “no conformes” al contrato se considera que no lo cumple (non-compliant)
- No hay obligación de cumplir con la QoS acordada para una conexión non-compliant
- CLP (Cell Loss Priority)
 - Según la ATC el usuario puede solicitar una clase de QoS con 2 niveles de prioridad según el CLP
 - El descriptor de tráfico de la fuente debe incluir las características del flujo CLP=0 y del flujo CLP=0+1
 - Puede haber un CLR (Cell Loss Ratio) objetivo para CLP=0+1
 - o un CLR solo para CLP=0

CBR

- ITU-T DBR
- Conexiones que requieren una cantidad de BW continuo y estático
- Parámetros: PCR
- Puede enviar en cualquier momento al PCR
- También puede estar periodos de tiempo en silencio
- VPCs o VCCs
- Máxima prioridad
- Calidad síncrona garantizada
- Usos:
 - Voz de tasa constante
 - Vídeo
 - Datos
 - Emulación de circuitos TDM

rt-VBR

- Parámetros: PCR, SCR, MBS
- Para fuentes “bursty”
- VPCs y VCCs
- Usos:
 - Aplicaciones con requisitos de retardo y variación del mismo
 - Vídeo y audio comprimido
- ATM Forum:
 - rt-VBR.1, rt-VBR.2 y rt-VBR.3
- ITU-T:
 - rt-SBR.1

nrt-VBR

- Parámetros: PCR, SCR, MBS
- Para fuentes “bursty”
- No asegura límites en el retardo
- VPCs y VCCs

UBR

- No hay garantías
- Se puede especificar un PCR para CAC y UPC
- VPCs y VCCs
- Usos
 - Datos

ABR

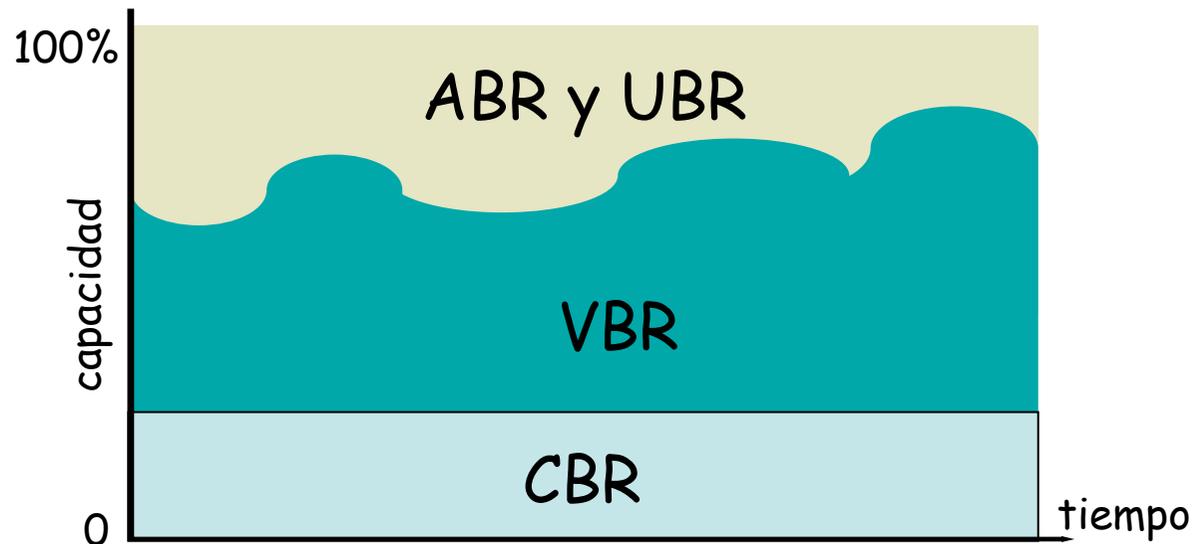
- Soporta que cambien las características de límite de tráfico ofrecidas por la red
- Emplea control de flujo mediante realimentación para ajustar la tasa de la fuente
- RM-cells (*Resource Management*)
- VPCs y VCCs
- No acota el retardo o la variación del mismo
- Parámetros:
 - PCR
 - MCR (*Minimum Cell Rate*)

GFR

- Para tramas AAL-5
- Solo para VCCs
- La red intenta descartar tramas en vez de celdas
- Parámetros:
 - PCR, MCR, MBS
 - MFS (*Maximum Frame Size*)

UBR+ (UBR-G)

- UBR + MCR



ABT

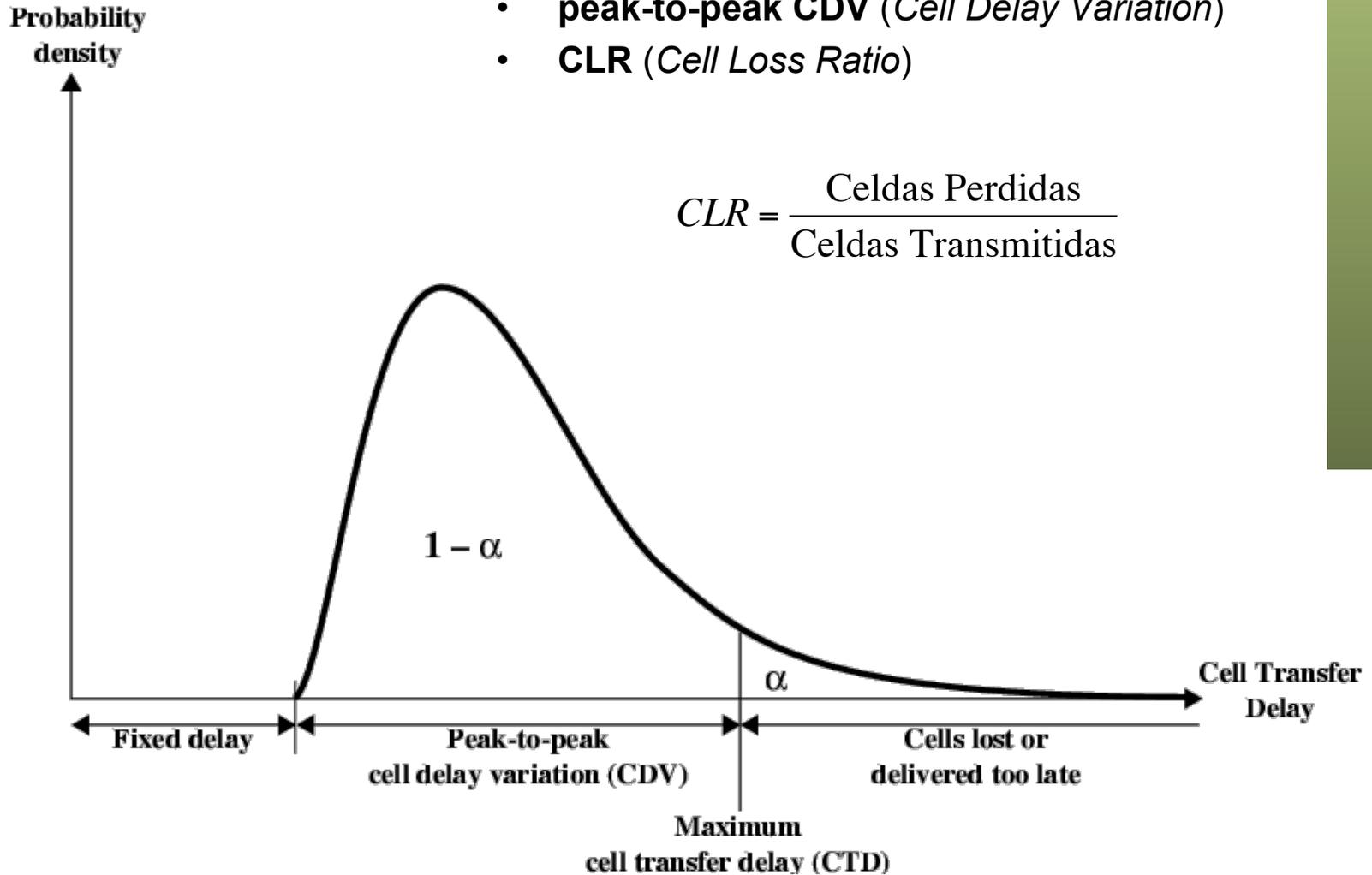
- ATM Block Transfer
- ITU-T, no ATM Forum
- ATM Block = grupo de celdas delimitadas por celdas RM
- Block Cell Rate (BCR): Cell rate durante el bloque
- El bloque no tiene porqué estar relacionado con una PDU de nivel superior
- VPCs y VCCs
- Solo para punto-a-punto

Parámetros de QoS

CTD = Cell Transfer Delay

- **maxCTD** (*maximum Cell Transfer Delay*)
 - Quantil $1-\alpha$ del CTD
- **peak-to-peak CDV** (*Cell Delay Variation*)
- **CLR** (*Cell Loss Ratio*)

$$CLR = \frac{\text{Celdas Perdidas}}{\text{Celdas Transmitidas}}$$



Atributos aplicables

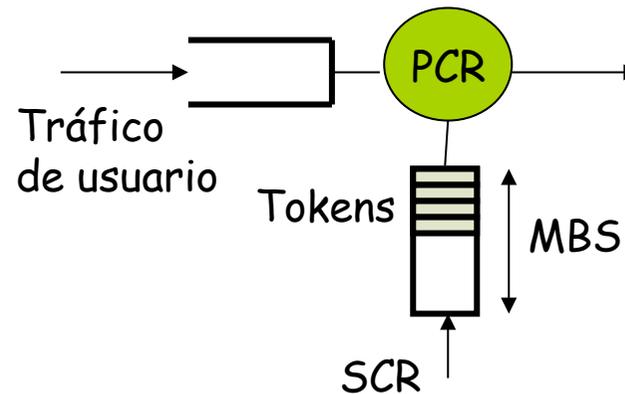
Attribute	ATM Layer Service Category					
	CBR	rt-VBR	nrt-VBR	UBR	ABR	GFR
Traffic Parameters₄:						
PCR and CDVT ₅	Specified			Specified ₂	Specified ₃	Specified
SCR, MBS, CDVT ₅	n/a	Specified		n/a		
MCR	n/a			Specified		n/a
MCR, MBS, MFS, CDVT ₅	n/a					Specified
QoS Parameters₄:						
Peak-to-peak CDV	Specified		Unspecified			
MaxCTD	Specified		Unspecified			
CLR	Specified			Unspecified	See Note 1	See Note 7
Other Attributes:						
Feedback	Unspecified			Specified ₆		Unspecified

CAC

- *Connection Admission Control*
 - Durante el establecimiento de la conexión
 - Acciones para determinar si se permite o no
 - Usa para ello el traffic contract

Traffic Shaping

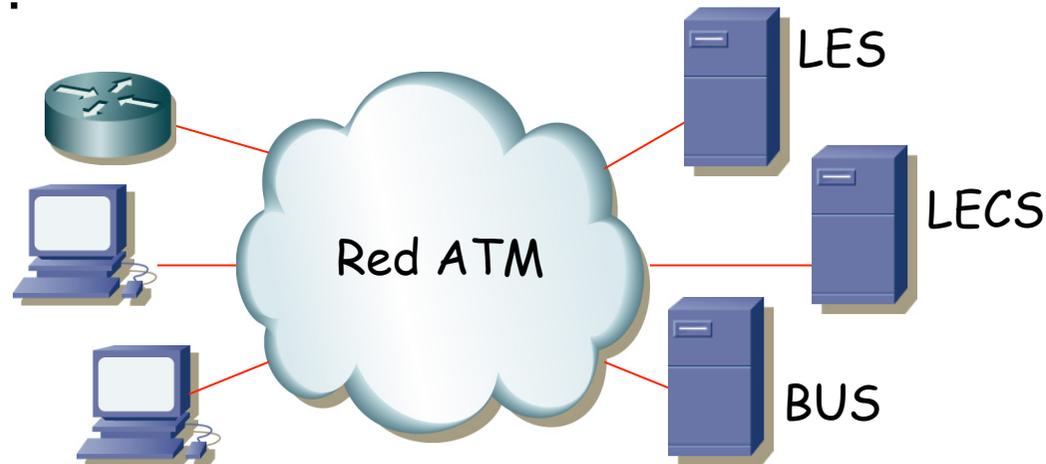
- Altera las características del tráfico para
 - Lograr mayor eficiencia en la red (manteniendo QoS)
 - Asegurar que el tráfico es conforme con el contrato
- Debe mantener el orden
- Es decisión de la red si implementarlo y dónde



Gestión de tráfico en ATM

LANE (*LAN Emulation*)

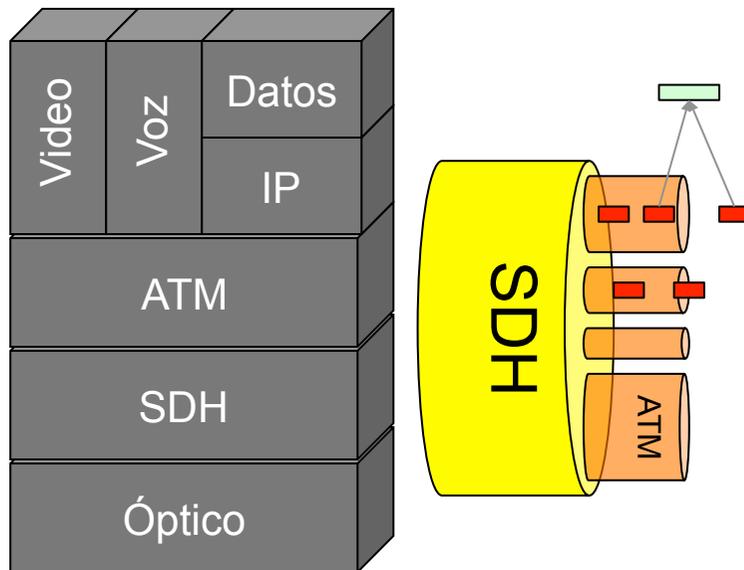
- Ofrece las funcionalidades de una LAN Ethernet o Token Ring sobre una red ATM
- Transparente para los niveles superiores
- Requiere varios servidores
 - LES (*LAN Emulation Server*)
 - LECS (*LAN Emulation Configuration Server*)
 - BUS (*Broadcast and Unknown Server*)
- API vs sockets?



IP over ...

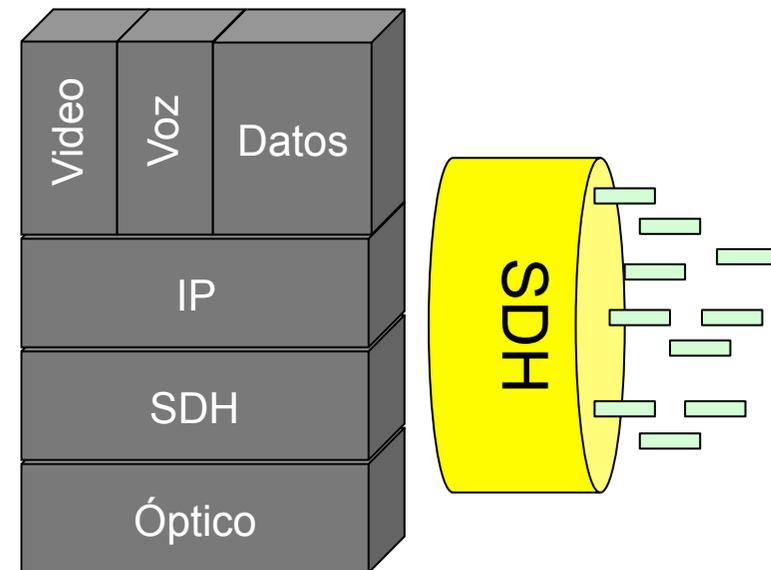
IP sobre ATM sobre SDH

- ATM ofrece QoS
- Acomoda múltiples protocolos y servicios
- Mayor flexibilidad en el transporte

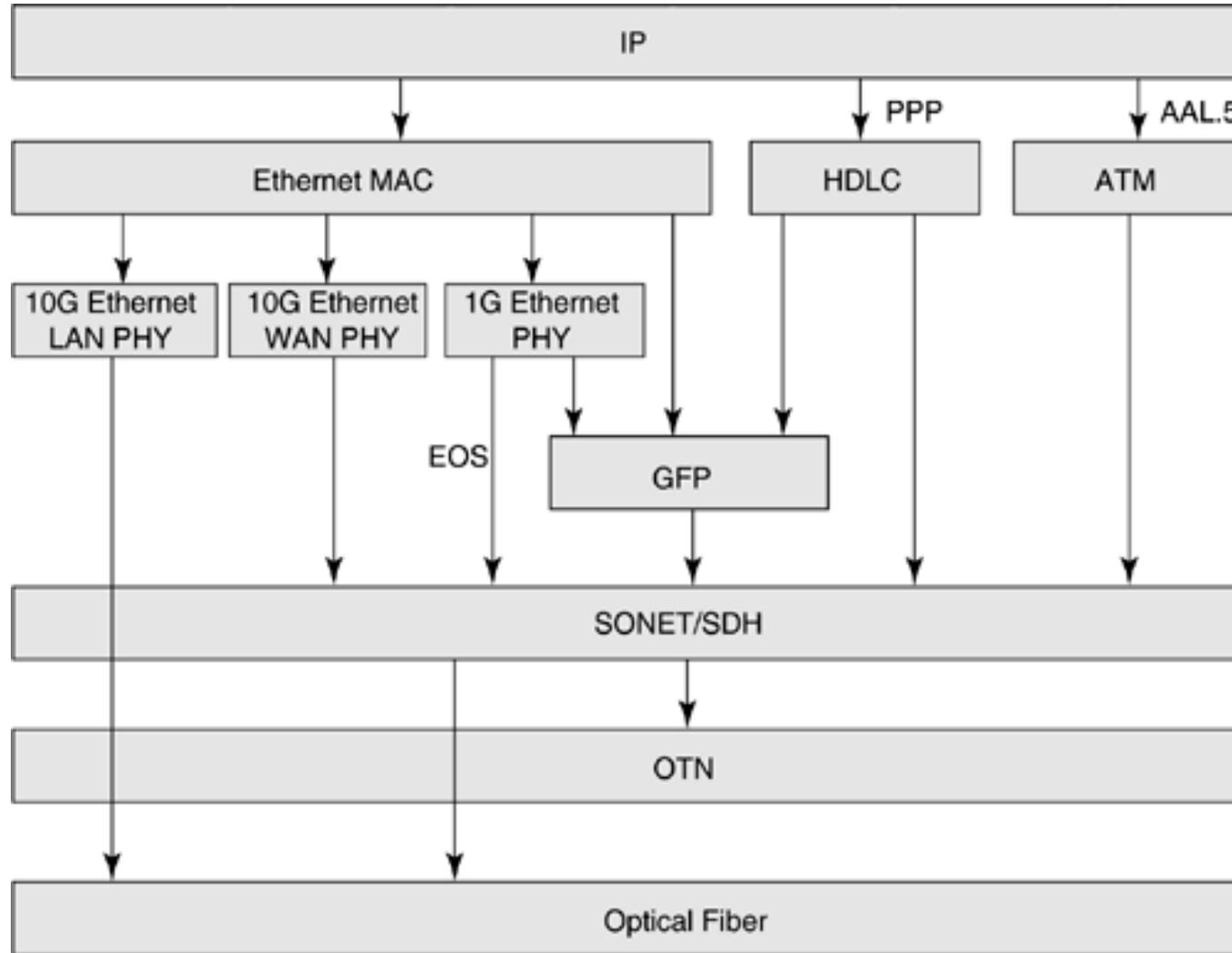


IP sobre SONET/SDH

- Ya se puede ofrecer QoS con IP
- Mayor eficiencia al evitar cabeceras de celdas ATM, encapsulación y segmentación
- Suele emplear PPP (POS)
- Más simple



Transporte de IP



ATM

Ventajas

- Celdas pequeñas de tamaño constante: más sencillo hacer conmutadores de alta velocidad
- Permite la multiplexación estadística del tráfico
- Soporte multiservicio con QoS

Desventajas

- Ha habido mejoras tecnológicas en conmutación de paquetes de longitud variable
- 9.4% de sobrecarga de cabecera
- Escasas aplicaciones multimedia hoy en día
- Complejo de gestionar
- Complejo y caro como solución para LAN
- No ha llegado hasta el escritorio (falta de API)